NOUVEAU SYSTÈME

DE

CHIMIE ORGANIQUE.

IMPRIMÉ
PAR LA PRESSE MÉCANIQUE DE E. DUVERGER,
4, RUE DE VERNEUIL.

NOUVEAU

DE

CHIMIE ORGANIQ

FONDÉ

SUR DES MÉTHODES NOUVELLES D'OBSERVATION;

PAR F. V. RASPAIL.

ACCOMPAGNÉ DE DOUZE PLANCHES GRAVÉES, DONT SIX COLORIÉES.

A PARIS,

CHEZ J. B. BAILLIÈRE,

LIBRAIRE DE L'ACADÉMIE ROYALE DE MÉDECINE,

Rue de l'École-de-Médecine, n. 13 bis.

A LONDRES, MÊME MAISON, 219, REGENT STREET.

1833

AVERTISSF

Le moment ne pouvait pas être plus favorable pour la publication de cet ouvrage. Les expériences d'où découlent les principes sur lesquels il repose sont enfin proclamées exactes[1] par des hommes célèbres dans la science, après avoir été, pendant sept ans, repoussées avec acharnement par des médiocrités en crédit, dédaignées par des célébrités dupes de hautes influences, ou admises sous le manteau du plagiat. Cette victoire, après une aussi longue lutte, resterait stérile pour la science, si nous ne profitions pas de l'armistice, pour coordonner nos conquêtes et en former un seul tout.

En effet, dans un ordre social où le mérite ne s'estime pas, mais se mesure, où l'importance d'une opinion est en raison directe des émolumens de celui qui la professe, comment un observateur pauvre et proscrit pourrait-il attendre, d'une bienveillance étrangère, assez de patience pour aller fouiller les rapports intimes de ses publications éparses dans un si grand nombre de feuilles périodiques? Et pourtant toutes nos observations se tiennent par les liens les plus étroits; il existe entre elles une filiation ou une analogie telle que l'une s'explique presque toujours par l'autre, et semble n'en être souvent que le plus simple corollaire.

Aussi le système que je publie n'a pas demandé de longues méditations; il a jailli, comme d'un seul jet,

(1) Voyez les notes placées à la fin du livre, page 551.

ıomènes que j'avais si scrupu-
ᵗt l'on n'aura pas, je pense, la
e sur parole, quand on se sera
ui-même de la simplicité de son expres-

Les amateurs des néologismes tirés du grec et du latin trouveront peut-être que ma nomenclature est prosaïque et banale. Mais j'ai été toujours convaincu que le luxe des créations nominales n'avait d'autre but que de donner le change sur le vide de la pensée, et que le moins grave inconvénient de cette mode moderne est sans doute d'introduire dans la nomenclature scientifique quelques barbarismes de plus[1]. Enfin j'ai toujours eu le malheur de trouver, dans notre langue, des mots qui se prêtaient parfaitement bien à mes définitions.

Comme le *Système de Chimie organique* que je publie est compacte et d'une grande unité, qu'il n'est, pour ainsi dire, que l'application méthodique d'un certain nombre de principes déduits d'expériences rigoureuses, pour éviter les répétitions, j'ai dû employer fréquemment la ressource des renvois; ils sont exprimés par le chiffre de l'alinéa entre deux parenthèses. Ces renvois indiquent ou l'explication du mot que suit la parenthèse, ou l'analogie du phénomène, ou la preuve de l'assertion, ou enfin la place typographique de la citation.

Jusqu'à présent, j'ose le dire, nous n'avons eu en *chimie organique* que des catalogues, ou, si l'on veut,

(1) Il n'y a peut-être pas d'auteurs plus portés à combiner des radicaux grecs et latins, à l'aide du dictionnaire, que ceux qui n'ont jamais eu la moindre notion de l'une et de l'autre langue; ce qui est fort commun en France.

des classifications arbitraires ; je ne
tièrement neuf, quoique fondé
des expériences dont le plus grand n... ay...
paru dans des recueils divers. Du reste ... posi...
d'entre elles sont connues d'un si petit nombre d'adeptes, elles ont été si peu indiquées même par ceux qui y puisaient à pleines mains, qu'elles auront encore aujourd'hui la fraîcheur de leur première publication et même le mérite de la nouveauté.

Tous les problèmes de la science des corps organisés ne s'y trouvent pas résolus ; mais alors j'ai tâché de fournir toutes les données qui m'ont semblé devoir conduire à la solution. J'ai exposé succinctement les caractères essentiels ; j'ai donné la clé des caractères accessoires ou empruntés ; j'ai démêlé les mélanges si souvent adoptés pour des principes immédiats. J'ai cherché, dans toutes les questions, à éclairer la chimie par l'anatomie et par la physiologie ; car j'ai toujours considéré comme le comble du ridicule de n'étudier la nature, qui est l'ensemble harmonieux de toutes les lois, qu'en ne consultant que l'une d'elles. Enfin douze planches coloriées, calquées par moi au microscope, servent à peindre aux yeux les phénomènes essentiels que je décris. Ma méthode d'exposition se réduit à définir, exposer et réfuter.

Quoique j'aie mis le plus grand soin à rendre mes idées avec simplicité et une rigoureuse exactitude, je me vois pourtant forcé de demander grace pour mon style, dans le cas où quelque négligence m'aurait échappé ; je prie mes lecteurs de ne pas perdre de vue que pendant long-temps mon grabat m'a servi de table, et que mon cabinet d'études est un cabanon

maux (extrait dans le *Bulletin uni-* *industrie*, deuxième section, tom. 10, en entier dans le tom. 3 des *Mémoires de la* *stoire naturelle de Paris*, 1827).

Tableau comparatif des caractères physiques des di- ses fécules (*Bulletin universel des sciences et de l'industrie*, première section, septembre 1827).

11. Note sur une fécule singulière, extraite des tiges souterraines du *Typha angustifolia* (*ibid.*, octobre 1827).

12. Expériences chimiques et physiques sur les *Chara* (*ibid.*, septembre 1827).

13. Note sur le développement du *Byssus Botryoïdes* (*ibid.* septembre 1827).

14. Mémoire concernant l'ouverture que Grew a décrite le premier sur le test des graines, suivi d'une notice sur le genre *Pontederia* (*Mémoires du Muséum d'histoire naturelle*, tom. 14).

15. Notice sur la détermination spécifique des céréales trouvées par M. Passalacqua dans un tombeau égyptien, et sur le mode de préparation qu'on leur a fait subir (*ibid.*, tom. 15).

16. Sur l'hordéine et le gluten, et sur la difficulté d'isoler, par les procédés en grand, les différens principes dont se compose une farine (*ibid.*, tom. 16).

17. Recherches physiologiques sur les graisses et le tissu adipeux (*Répertoire général d'anatomie*, tom. 3, 1827)..

18. Anatomie microscopique des nerfs, pour démontrer leur structure intime et l'absence des canaux contenant un fluide et pouvant après la mort être facilement injectés (*ibid.*, tom. 4, 1827).

19. Premier Mémoire sur la structure intime des tissus de nature animale (*ibid.*, tom. 4, 1827).

20. Second Mémoire de physiologie et de chimie microscopique sur la structure intime des tissus de nature animale (*ibid.*, tom. 5, 1828).

21. Anatomie microscopique des flo[illegible] l'œuf humain (*ibid.*, tom. 5, 1828).

22. Expériences de chimie microscopique, ay[illegible] but de démontrer l'analogie qui existe entre la disposi[illegible] qu'affecte la silice dans les spongilles et dans certaines éponges, et celle qu'affecte l'oxalate de chaux dans les végétaux; accompagnées de l'anatomie microscopique des spongilles (*Mémoires de la Société d'histoire naturelle de Paris*, tom. 4, 1828).

23. Nouvelles observations sur les cristaux calcaires qu'on trouve dans les tissus des végétaux vivans (*ibid.*).

24. Histoire naturelle de l'alcyonelle fluviatile et de tous les genres voisins, considérés, soit sous le rapport de leur organisation et de leur identité spécifique, soit sous le rapport physiologique de leurs tentacules avec les branchies des mollusques et des animalcules ou infusoires ou spermatiques (*ibid.*).

25. Notes additionnelles aux trois Mémoires précédens (*ibid.*).

26. Observations et expériences propres à démontrer que les granules qui sortent pendant l'explosion du grain de pollen, bien loin d'être les analogues des animalcules spermatiques, comme Gleichen l'avait pensé le premier, ne sont pas même des corps organisés (*ibid.*).

27. Note sur le développement par stolons du *Conoplea cylindrica* (*ibid.*).

28. Sur les moyens, soit chimiques, soit microscopiques qu'on a tout récemment proposés, pour reconnaître les taches de sang en médecine légale (*Journal général de médecine*, février 1828).

29. Polémique à ce sujet (*ibid.*).

30. Observations critiques sur le Mémoire de MM. Orfila et Lesueur, intitulé : « Recherches médico-légales, pouvant servir à déterminer, même long-temps après la mort, s'il y a eu empoisonnement, et à faire connaître la nature de la substance vénéneuse (*ibid.*, juillet 1828).

...ue de la deuxième section du Bulletin ...ences et de l'industrie depuis 1825 j'usqu'en

. Annales des sciences d'observation, quatres volumes. 1029 et 1830, rédigées de concert avec Saigey.

33. Essai de chimie microscopique in-8°, chez Meilhac, 1830, extrait en majeure partie des *Annales des Sc. d'observation.*

34. Nouveaux coups de fouet scientifiques, in-8°, chez Meilhac, 1830, *renfermant deux discussions*, l'une sur la polémique de Cuvier et Geoffroy Saint-Hilaire, et l'autre sur un rapport académique relatif aux cristaux calcalaires du *Cactus.*

35. Analyse de petits corps blancs conteuus dans un kyste qui se forme au niveau de l'articnlation du poignet, sur la face palmaire (*Le Lycée, journal des sciences et des sociétés savantes*, jeudi 20 octobre 1831).

36. Histoire naturelle des ammonites, suivie de la description des ammonites des Basses-Alpes et des Cevennes (*ibid.*, 10, 13, 17, 20, 24, 27 novembre, 1er, 11 décembre 1831).

37. Essai d'analyse microscopique sur le pain des prisons de Paris, par un homme qui en a mangé (*ibid.*, 4 décembre 1831).

38. Cours élémentaire d'agriculture et d'économie rurale, 5 petits vol. in-18. Chez Hachette, 1831-1832. (Le premier traité principalement.)

N. B. Il me paraît inutile de détailler ici la liste des mémoires originaux que j'ai publiés dans les *Annales des Sc. d'observation*; le lecteur les y retrouvera facilement à l'aide des tables des matières de cet ouvrage.)

TABLE DES MATIÈRES

PAR ORDRE DE CHAPITRES.

Pages.

NOTIONS PRÉLIMINAIRES. 25*

CHAPITRE PREMIER. Procédés d'observations en petit..... 33*
§ 1. Théorie du microscope .... *ibid.*
§ 2. Construction du microscope.................. 39*
§ 3. Influence de la qualité des microscopes sur le mérite des observations 43*
§ 4. Appareils de manipulations microscopiques 46*
§ 5. Méthode d'observation au microscope, ou l'art de transporter le laboratoire sur le porte-objet 55*
CHAPITRE II. Par les procédés en grand............... 64*
§ 1. Procédés par la voie humide .... *ibid.*
§ 2. Analyse par la voie sèche.................... 68*
§ 3. Incinération.................................. 74*
CHAPITRE III. Exposition de la théorie sur laquelle repose cet ouvrage.............................. 76*
§ 1. Théorie atomistique des tissus organiques....... *ibid.*
§ 2. Théorie chimique de l'organisation............ 77*
§ 3. Loi de la vitalité ou de l'organisation 79*
CHAPITRE IV. SYSTÈME ET CLASSIFICATION EN GÉNÉRAL...... 83*
CHAPITRE V. EXPOSITION DU NOUVEAU SYSTÈME........... 88*
Exposé succinct des principaux caractères chimiques et physiologiques des matières organiques............. 91*
Tableau synoptique du nouveau système de chimie...... 97*

CLASSIFICATION.

ÉLÉMENS DES TISSUS.......................... 1
SUBSTANCES ORGANISÉES VÉGÉTALES....... *ibid.*
AMIDON .... *ibid.*
§ 1. Caractères physiques des particules de cette substance en général 2

Pages.

…énomènes de réfrangibilité qu'on observe
…le grain de fécule. 4
§ 3. Organisation des grains de fécule. 6
§ 4. Composition chimique des grains de fécule. . [illegible]
§ 5. Action du temps sur la fécule intègre. 12
§ 6. Action du temps sur la fécule dont les tégumens ont éclaté par la chaleur. 14
§ 7. Action du temps, soit à l'aide de l'eau, soit à l'aide des acides et des alcalis, sur la contexture des tégumens de la fécule. 17
§ 8. Réfutation de la théorie classique de l'amidon. 20
§ 9. Disposition des grains de fécule dans les cellules; fécule singulière de typha. 37
§ 10. Hile et structure intime des grains de fécule. 39
§ 11. Caractères physiques des diverses espèces les plus usitées de fécule. 41
§ 12. Substance féculoïde des lichens. 57
§ 13. Applications pratiques des expériences précédentes 64
Inuline 72
Fécule verte. 77
Ligneux 78
§ 1. Organisation du ligneux. 79
§ 2. Développement du tissu cellulaire et vasculaire des végétaux. 83
§ 3. Consistance progressive des tissus cellulaire et vasculaire 91
§ 4. Action du temps sur les tissus ligneux. 93
§ 5. Densité et composition élémentaire du ligneux. 95
§ 6. Moelle des végétaux. 97
§ 7. Écorce des végétaux. 98
§ 8. Ulmine, humus ou géine 102
§ 9. Combinaison prétendue du ligneux et de l'amidon 111
§ 10. Transformations réelles du ligneux par l'action des alcalis et des acides. 112
§ 11. Application des résultats des paragraphes précédens. 113

Pages.
TISSU GLUTINEUX 379
§ 1. Organisation du tissu glutineux 380
§ 2. Différence spécifique des glutens.......... ibid.
§ 3. Rôle de l'azote dans la composition élémentaire du gluten 126
§ 4. Analyse élémentaire des substances azotées.... 133
§ 5. Caractères physiques et propriétés chimiques du gluten du froment.......................... 136
§ 6. Zimôme et gliadine.......................... 140
§ 7. Légumine...................................... 141
§ 8. Transformation apparente du gluten sous l'influence de la potasse ou acide pectique......... 144
HORDÉINE 146
§ 1. Description microscopique des organes que la mouture confond dans la farine................ 148
§ 2. Quels sont ceux de ces organes que l'on retrouve dans l'hordéine, et qu'est-ce enfin que l'hordéine? 151
§ 3. Région qu'occupent respectivement les substances organisées et organisatrices dans une graine des céréales.................................. 156
ORGANES POLLINIQUES 159
Première espèce : Pollen des anthères .... ibid.
§ 1. Caractères physiques des grains du pollen..... 160
§ 2. Développement des grains du pollen .... ibid.
§ 3. Organisation et analyse microscopique du grain de pollen.. 162
§ 4. Qu'est-ce que la pollénine? 169
§ 5. Examen critique de quelques autres substances qu'on a signalées dans le pollen................ 171
§ 6. *Aura seminalis :* Prétendus animalcules spermatiques 172
Deuxième espèce : Pollen des organes foliacés......... 174
§ 1. Organisation et analyse microscopique de la lupuline 175
§ 2. Applications de ces résultats aux expériences en grand... 179
§ 3. Applications à la physiologie 180

Pages.
ORGANISÉES ANIMALES 183
APEUX .... ibid.
Caractères physiques des diverses espèces de granules adipeux............................ 184
§ 2. Organisation du granule adipeux 185
§ 3. Développement du tissu adipeux........... 190
ALBUMINE ANIMALE................................ 191
§ 1. Organisation du blanc de l'œuf; substance soluble et insoluble .... ibid.
§ 2. Origine de l'azote que l'analyse élémentaire signale dans l'albumine 193
§ 3. Action de la chaleur sur l'albumine 197
§ 4. Action des bases sur l'albumine 198
§ 5. Action des acides sur l'albumine .... ibid.
§ 6. Action du courant voltaïque sur l'albumine ... 202
§ 7. Identité de la fibrine et de l'albumine .... ibid.
§ 8. Usages de l'albumine....................... 204
SUBSTANCE MEMBRANEUSE DES ORGANES ANIMAUX.......... 205
§ 1. Consistance et réfrangibilité de la membrane animale 206
§ 2. Structure intime de la substance membraneuse. 207
Tissu musculaire 210
§ 1. Structure intime de l'organe musculaire ..... ibid.
§ 2. Mécanisme de la contraction musculaire....... 212
§ 3. Caractères chimiques du muscle............. 214
Tissu nerveux.................................... 217
§ 1. Structure intime des nerfs 218
§ 2. Organisation de la masse cérébrale.......... 222
§ 3. Composition chimique de la substance cérébrale. 225
§ 4. Combinaison de la pensée................... 228
Tissu osseux..................................... 231
§ 1. Organisation des os .... ibid.
§ 2. Structure organique de certaines autres substances qui ont plus ou moins d'analogie avec les os. 235
Tissu corné...................................... 239
§ 1. Organisation du tissu corné .... ibid.
§ 2. Caractères chimiques des substances cornées... 242

Pages.
Tissus cellulaire, dermoïde, épidermoïde 379
Tissus respiratoires 380
§ 1. Tissus respiratoires aquatiques . . . . ibid.
§ 2. Tissu respiratoire aérien 256
§ 3. Phénomènes chimiques de la respiration 257
Tissus embryonnaires 259
§ 1. Analogie chimique entre l'embryon végétal et l'embryon animal 260
§ 2. Histoire de l'ovule 261
§ 3. Ovule humain non fécondé 262
§ 4. Structure du chorion humain . . . . ibid.
§ 5. Formation des placentas 265
§ 6. Théorie du développement vésiculaire appliquée à l'évolution de l'embryon des mammifères 267
§ 7. Membrane caduque de l'utérus 270
Tissus parasites 272
§ 1. Analyse des corps blancs qui se forment dans un kyste, un niveau de l'articulation du poignet . . . ibid.
Tissus spontanés 216
SUBSTANCES ORGANISATRICES VÉGÉTALES 279
GOMME . . . . ibid.
Gomme d'amidon 280
Arabique ou du Sénégal 281
Du pays 284
Mélangée à des tissus glutineux, etc. 285
SUCRE 287
§ 1. Réactif destiné à déceler des quantités minimes de sucre, et par contre-coup d'albumine et d'huile. 289
§ 2. Propriétés fermentescibles du sucre 293
Vin 297
Bière 299
Cidre, poiré, etc 300
§ 3. Diverses espèces de sucres et leur mode d'extraction . . . . ibid.
Sucre de canne 302
d'Érable 303
de Betterave 304

Pages.
Sucre de Raisin 306
Sucres non fermentescibles 308
§ 4. Analyse élémentaire des diverses espèces de sucre. 311
§ 5. Usages du sucre 313
§ 6. Applications 314
Sève 317
Sève cellulaire .... ibid.
§ 1. Mécanisme de la circulation dans un tube de chara 318
§ 2. Analyse microscopique du suc qui circule dans les tubes de chara 327
§ 3. Applications physiologiques 332
Sève vasculaire .... ibid.
§ 1. Direction de la circulation végétale 334
§ 2. Elaboration de la sève; sève montante et sève descendante 335
§ 3. Diverses espèces de sève 337
§ 4. Application à l'agriculture 340
SUBSTANCES ORGANISATRICES ANIMALES 341
Lait .... ibid.
§ 1. Théorie des phénomènes physiques et chimiques du lait 343
§ 2. Applications 347
§ 3. Qu'est-ce que la matière caséeuse pure des chimistes 349
§ 4. Qu'est-ce que l'oxide caséeux de Proust ...... ibid
§ 5. Qu'est-ce que l'acide caséique du même auteur. 350
§ 6. Qu'est-ce que l'acide lactique ou nancéique ou zumique 351
Produits immédiats de la digestion 355
§ 1. Conjectures et applications 357
Sang 360
§ 1. Mécanisme de la circulation sanguine 362
§ 2. Globules du sang 366
§ 3 Coagulation du sang 372
§ 4. Analogies du sang 374
§ 5. Matière colorante du sang 375

Pages.
§ 6. Usages du sang.......... 379
§ 7. Applications.......... 380
§ 8. Lymphe.......... 385
LIQUEUR SPERMATIQUE.......... 386
§ 1. Animalcules spermatiques.......... 387
§ 2. *Aura seminalis*.......... 390
SUBSTANCES ORGANISANTES VÉGÉTALES ET ANIMALES.......... 391
SUBSTANCES GRASSES.......... *ibid.*
§ 1. Composition élémentaire des corps gras.......... 392
§ 2. Action des gaz sur les corps gras.......... 393
§ 3. Action des acides sur les corps gras.......... 394
§ 4. Action des bases sur les corps gras. Savons.......... 396
§ 5. Combinaisons des huiles grasses avec les autres corps.......... 397
§ 6. Action de la chaleur sur les corps gras.......... 398
§ 7. Produits neutres de l'altération des huiles et des graisses.......... 399
Glycérine.......... 403
Cétine.......... 404
Cholestérine.......... *ibid.*
Phocénine.......... 405
Butyrine.......... *ibid.*
Hircine.......... 406
§ 8. Produits acides de l'altération des corps gras par la saponification alcaline.......... 407
Acides stéarique, margarique, oléique.......... 408
Phocénique.......... 409
Butyrique, caproïque, caprique.......... 410
Hircique, margaritique, ricinique et éloïodique.......... 411
Cévadique, crotonique.......... 412
§ 9. Produits acides de la saponification des acides; acide cholestérique.......... *ibid.*
§ 10. Produits acides de la distillation des corps gras.......... 413
§ 11. Cristallisation de ces acides et de leurs sels.......... 414
§ 12. Composition élémentaire de ces mélanges acides.......... 415

Pages.
§ 13. Diverses espèces d'huiles et de graisses...... 416
§ 14. Applications industrielles................. 421
CIRE 428
§ 1. Cérine, myricine et céraïne................. 429
§ 2. Diverses espèces de cire.................... 430
§ 3. Applications................................ 433
CIRE VERTE OU CHLOROPHYLLE......................... ibid.
§ 1. Analogie de la matière colorante des végétaux. 434
SUBSTANCES ORGANISANTES SPÉCIALES AUX VÉGÉTAUX....... 435
HUILES ESSENTIELLES OU VOLATILES................... ibid.
§ 1. Observations théoriques sur les diverses espèces. 440
§ 2. Extraction des huiles essentielles.......... 442
RÉSINES.. 443
GOMMES RÉSINES..................................... 448
SUBSTANCES ORGANISANTES ANIMALES.................... 450
BILE ET PICROMEL................................... ibid.
SUC PANCRÉATIQUE................................... 453
SALIVE... 454
SUBSTANCES ORGANIQUES VÉGÉTALES, PRODUITS NATURELS DE L'ORGANISATION........ 456
ACIDES VÉGÉTAUX.................................... ibid.
MATIÈRES COLORANTES................................ 471
§ 1. Espèces les plus employées.................. 473
§ 2. Fixation des matières colorantes sur les tissus (teinture)...... 479
MATIÈRES ODORANTES................................. 480
SUBSTANCES ORGANIQUES VÉGÉTALES, PRODUITS NATURELS DE LA DÉSORGANISATION. — MIASMES. — ESPRIT PYRO-ACÉTIQUE, ALCOOL............ 481
SUBSTANCES ORGANIQUES VÉGÉTALES, PRODUITS ARTIFICIELS..................... 487
ETHERS... ibid.
ALCALIS VÉGÉTAUX................................... 488
§ 1. Caractères spécifiques des alcaloïdes....... 491
§ 2. Propriétés médicales des alcaloides......... 496

Pages.
§ 3. Application à la médecine légale 498
ACIDES ARTIFICIELS 501
SUBSTANCES ORGANIQUES ANIMALES, PRODUITS NATURELS DE L'ORGANISATION 503
SOIE .... *ibid.*
MATIÈRES COLORANTES .... *ibid.*
MATIÈRES ODORANTES 505
SUBSTANCES ORGANIQUES ANIMALES, PRODUITS NATURELS DE LA DÉSORGANISATION 506
NORMALE .... *ibid.*
ANORMALE 507
DE LA CHALEUR 511
DE LA MORT .... *ibid.*
SUBSTANCES ORGANIQUES ANIMALES, PRODUITS ARTIFICIELS 512
OSMAZOME ET GÉLATINE .... *ibid.*
ACIDES AYANT POUR RADICAL LE CYANOGÈNE 514
BASES DES TISSUS 516
BASES INCRUSTÉES SUR LA SURFACE DES TISSUS .... *ibid.*
§ 1. Incrustation de silice cristallisée 517
§ 2. Incrustation de phosphate de chaux cristallisé .. 520
§ 3. Incrustation d'oxalate de chaux cristallisé 522
§ 4. Influence des tissus organiques sur la cristallisation 525
§ 5. Autres incrustations cristallines .... *ibid.*
Calculs 526
Pétrifications 527
BASES COMBINÉES AVEC LES ÉLÉMENS DES TISSUS 528
BASES DISSOUTES DANS LES LIQUIDES DES TISSUS 533
§ 1. Carbonate de chaux 535
§ 2. Carbonate de potasse .... *ibid.*
§ 3. Carbonate de soude .... *ibid.*
§ 4. Hydrochlorate de soude .... *ibid.*
§ 5. Hydrochlorate de potasse 536
§ 6. Hydrochlorate d'ammoniaque .... *ibid.*
§ 7. Nitrate d'ammoniaque 537
§ 8. Autres sels ammoniacaux .... *ibid.*

Pages.

§ 9. Tartrate de potasse 537

§ 10. Tartrate de potasse dissous dans l'acide acétique albumineux 538

§ 11. Considérations générales 540

INCINÉRATION ET CARBONISATION 541

RÉSUMÉ PHYSIOLOGIQUE DES PRINCIPES EXPOSÉS DANS CET OUVRAGE 545

NOTES ADDITIONNELLES 550

1°. Polarisation circulaire employée comme moyen de distinguer les espèces chimiques .... *ibid.*

2°. Sur un passage de Leeuwenhoek relatif à la farine 554

3°. Diastase de Payen et Persoz 562

TABLE ALPHABÉTIQUE 563

NOUVEAU SYSTÈME

DE

CHIMIE ORGANIQUE.

NOTIONS PRÉLIMINAIRES[1].

1*. Le *règne organique* diffère du *règne inorganique* en ce que les êtres qui se classent dans le second cristallisent, et que les êtres qui appartiennent au premier s'organisent. La cristallisation a lieu par superpositions de molécules qui s'accolent les unes aux autres autour d'un noyau solide, et affectent, dans les nouvelles configurations qui résultent de leur assemblage, des formes en général anguleuses. *L'organisation* au contraire est une cristallisation qui affecte la forme vésiculaire, et engendre une cellule susceptible d'attirer dans son sein les gaz nécessaires et à son développement vésiculaire et à la reproduction de son type; cette cellule est un laboratoire où les gaz se condensent en liquides qui à leur tour s'organisent en tissus : elle est à elle seule un être organisé.

Le règne organisé se divise en deux grands départe-

(1) Les chiffres entre parenthèses renvoient aux *alinéas* du corps de l'ouvrage, et, quand ils sont surmontés d'un astérisque, à ceux des *notions préliminaires*.

mens, qui semblent tellement se confondre par leur point de contact, que l'esprit est embarrassé de tracer entre eux une limite. *L'éponge animale* d'un côté, le *fucus végétal* de l'autre, le *zoophyte* d'un côté, la *conferve oscillatoire* de l'autre! Où est la différence essentielle?

3*. Dira-t-on que le mouvement est l'apanage exclusif du règne animal? Mais l'expérience dément complètement cette assertion. En effet, sans parler ici de la circulation vasculaire qui a lieu dans le végétal comme dans l'animal, n'est-ce pas un mouvement musculaire que celui du bourgeon qui s'épanouit en renversant ses folioles, que celui du bouton qui rejette en arrière ses pétales et son calice divisé au sommet, que celui des étamines qui, à l'époque de la fécondation, se courbent amoureusement sur le pistil qu'elles entourent, que celui de la corolle de la *belle de nuit* qui se ferme aux rayons du soleil et se développe à la fraîcheur de la nuit, que celui de la paquerette qui, par un goût contraire, rapproche ses demi-fleurons le soir et étale sa couronne le matin, que celui des folioles des *acacias* qui se plient le soir et s'ouvrent le jour, ou de cette sensitive pudibonde qui recule, comme par une commotion électrique, au moindre contact? Enfin, à un degré plus bas de l'échelle, que celui de ces fongosités qui, à l'époque de la maturité, lancent au dehors des bouffées de sporules, ou qui s'élancent elles-mêmes comme une bombe hors du mortier? Trouvez-nous en quoi ces mouvemens diffèrent des mouvemens spontanés.

4*. Dira-t-on qu'outre ces mouvemens, les animaux jouissent de la locomotion, de la faculté de changer de place, faculté qui est refusée au végétal attaché à tout jamais au sol, au tertre, à la glèbe qui l'a vu naître? Mais l'huître, mais le polype diffèrent-ils en cela de la plante?

5*. Se rejettera-t-on sur l'absence d'un cœur, d'un estomac et d'un tube intestinal, d'un cerveau et de poumons dans les plantes? Mais l'*hydre verte* ou *jaune*, polype indigène

de nos ruisseaux ; qui a jamais vu son cœur, son cerveau, ses viscères, ses poumons? D'un autre côté, la plante a ses poumons dans ses feuilles, puisqu'elle absorbe ou décompose à son tour les gaz atmosphériques ; la plante a une circulation ; et le cœur n'est qu'un accessoire dont l'importance diminue en descendant l'échelle des animaux ; puisqu'elle est sensible, elle doit avoir un agent nerveux de cette sensibilité, et le cerveau n'est qu'une forme de cet agent dans les animaux. Quant au tube intestinal, son essence ne réside pas dans sa forme canaliculée, mais dans les fonctions de ses parois, et il n'y a rien d'absurde à supposer que, dans un milieu différent de celui de l'air, la surface externe d'un corps puisse, entre les mains de la nature, usurper les fonctions assimilatrices d'un viscère. Or, les suçoirs des racines des plantes, l'empâtement radiculaire de l'hydre verte, remplissent évidemment les mêmes fonctions que les papilles de l'estomac et les fibrilles qui recouvrent la surface des intestins ; et si les racines, d'après notre théorie, n'aspirent que l'eau et les sels, c'est toujours un triage analogue à celui qu'exercent les intestins, en n'aspirant du bol alimentaire que le chyle et non les autres matériaux ; enfin les sels et l'eau aspirés par les racines vont se rendre dans des organes microscopiques, qui, comme autant d'estomacs, élaborent à la fois et les sels qui leur viennent d'en-bas et la molécule organique qui leur vient d'en-haut, pour transformer ce mélange en un tout organisé.

6*. En conséquence, nulle ligne de démarcation connue ne sépare encore les végétaux des animaux ; et si notre esprit parvient idéalement à distinguer ces deux grands règnes, c'est en ne s'arrêtant de part et d'autre que sur les êtres les plus éloignés du point commun de contact ; c'est alors qu'il adopte une *anatomie végétale* et une *anatomie animale*, une *physiologie végétale* et une *physiologie animale*, une *botanique* et une *zoologie*, divisions qui, malgré le dé-

faut d'une définition exacte, suffisent aux besoins de la science et aux exigences de la mémoire.

7*. Mais il faut l'avouer, de ces diverses divisions, la *physiologie* est celle qui ment le plus à ses promesses et qui peut le moins prétendre au titre de science, c'est-à-dire d'un corps de connaissances dont les unes sont déduites des autres, ou qui offrent entre elles des rapports frappans d'analogie. La *botanique* en effet et la *zoologie* classent les êtres d'après des organes externes dont l'œil peut en général saisir les rapports de nombre, de forme et de situation. *L'anatomie* compare les organes soit externes, soit internes, et s'attachant en aveugle à la ressemblance des formes et aux rapports d'insertion, elle en conclut l'analogie des fonctions, jusqu'à ce que, par suite de dégradations insensibles, ces rapports de forme et d'insertion finissent par lui échapper tout-à-fait. Mais la *physiologie* qui n'évalue que le jeu des organes, que les lois de leurs fonctions, et par des appréciations soumises à des procédés infiniment trop grossiers, elle qui interroge des masses de quelques livres sur le mystère de la vie lequel se cache dans une molécule, elle qui ne prononce sur la nature d'un organe que d'après le témoignage du scalpel anatomique; qu'a-t-elle enfin légué à la science, si ce n'est une masse de faits particuliers placés pêle-mêle à la suite des autres, et ne s'expliquant jamais mutuellement? Aussi, quand je lis sur le frontispice d'un gros volume: *Physiologie générale et comparée*, je suis tenté de ne prendre du livre que le titre, comme une pierre d'attente, et d'en rendre les feuilles aux diverses sciences dont elles ne sont que d'indigestes compilations. Comment pouvez-vous, dans l'état actuel de la science, déterminer les fonctions d'un organe en général, quand vous n'avez, pour reconnaître un organe en particulier, que le caractère fugitif d'une forme qui se modifie, glisse et disparaît bientôt entre vos mains? Aussi voyons-nous la physiologie admettre des animaux sans cœur, sans digestion, sans nerfs et je crois

même sans muscles, et frapper ainsi les esprits par l'image fantastique d'êtres ou de sylphes qui semblent vivre sans exister.

8°. La chimie, c'est-à-dire la science qui ne s'occupe presque exclusivement que de l'étude des combinaisons brutes de la matière, la chimie, dis-je, s'en rapportant, pour l'origine, les formes et les fonctions des corps organisés, à la classification, à l'anatomie et à la physiologie, a de tout temps cherché à soumettre à ses procédés d'analyse les produits de l'organisation. Long-temps elle ne s'est aventurée sur ce nouveau terrain qu'avec réserve et une espèce d'indécision. Mais depuis que les découvertes de Priestley et de Lavoisier eurent imprimé à la chimie inorganique une direction nouvelle et féconde en résultats positifs, les savans, trop confians dans la toute-puissance des nouveaux procédés, apportèrent plus de hardiesse, mais souvent plus de témérité, dans l'étude des corps organiques. Quelques découvertes heureuses couronnèrent ces tentatives : de ce nombre furent les analyses élémentaires, et tout ce qui semble rentrer spécialement dans le domaine de la chimie des corps bruts. Mais bientôt survinrent les fausses inductions théoriques, les méthodes inexactes, et tous les abus qui sont la conséquence naturelle d'une analogie chimérique et sans fondement.

9°. On conçoit en effet qu'à l'aide du creuset et des réactifs, on puisse isoler et peser les élémens indécomposables d'une substance inorganisée; et pourtant combien les difficultés de l'analyse se compliquent avec le nombre de ces élémens? Mais lorsqu'il s'agit d'une substance organisée, comment recourir au creuset sans décomposer l'organe, et comment recourir aux réactifs, pour s'emparer de la substance, à travers l'obstacle que les parois organisées opposent à la réaction? Aussi dès l'instant que je me livrai à la lecture des travaux de chimie organique, je ne pus me défendre d'un vague pressentiment; et malgré l'assurance de la rédaction,

je restai toujours convaincu que les résultats obtenus ne représentaient pas la nature. Des travaux d'un genre moins répandu dans le monde scientifique vinrent enfin me fournir les moyens de m'expliquer ma défiance et de changer mes doutes en conviction. Je vis et je dessinai des organes infiniment petits, et dont les formes et les aspects variés me semblaient représenter des fonctions et des propriétés différentes; ces organes se trouvent côte à côte les uns des autres; l'œil les distingue, le scalpel ne saurait pas les séparer. Or, me disais-je, quand le chimiste broie, déchire, fait macérer ou bouillir dans un menstrue un tronçon même minime de végétal ou d'animal, il doit nécessairement confondre et mélanger, dans le même menstrue, une foule de substances que la nature avait isolées dans des organes séparés. On dirait que le chimiste, fier de la puissance de son art, cherche à tout confondre pour se ménager le plaisir de tout démêler. Mais quand il a tout confondu, brouillé, mélangé, il lutte en vain contre des difficultés qu'il n'est point donné à son art de vaincre; de là les contradictions, les incohérences, la bizarrerie des théories venant au secours de résultats inexplicables, le nombre des substances indéterminées et pseudonymes, des doubles emplois, des créations nominales enfin se multipliant de manière à effrayer la mémoire la plus intrépide et à dégoûter l'esprit le moins récalcitrant.

10*. Il est évident que si le chimiste avait pu comprendre que chacune de ces substances, qu'il avait si maladroitement confondues, a été déposée par les lois de la nature dans un organe séparé, il aurait renversé de son propre mouvement son échafaudage, et fait bonne justice de ses résultats indécis. Mais pendant toute la période la plus brillante de cette méthode d'observation chimique, cette idée ne vint dans l'esprit à personne. Le chimiste se serait révolté qu'on eût exigé de lui qu'il fût anatomiste, ou botaniste ou zoologue; il marchait de son côté, comme le botaniste et le phy-

siologiste marchaient du leur, à peu près semblables à deux voyageurs cheminant côte à côte par deux routes, qui en définitive doivent les éloigner du but commun, devisant un instant sur les affaires d'autrui, sans chercher à s'éclairer mutuellement sur leur route.

11*. Or la nature n'est ni chimiste, ni botaniste, ni zoologue, ni minéralogiste, ni physiologiste; elle n'est point partagée en compartimens scientifiques; elle ne procède point par classifications et par systèmes artificiels; c'est une cause unique de combinaisons variées.

12*. Il est donc absurde de n'étudier ces combinaisons que par une seule face; et pourtant c'est là presque ce que les diverses sciences ont fait jusqu'à ce jour, et c'est là la cause de tant d'erreurs, de tant de mécomptes, et de la lenteur désespérante du progrès.

13*. Recourons donc à des méthodes plus rationnelles, à une marche plus philosophique, si nous désirons arriver à des résultats plus positifs.

14*. Or cette méthode nouvelle se résume en ces termes : emprunter à chaque science tout ce qui peut servir à constater un fait, à reconnaître une loi. Car un livre a droit d'être spécial; c'est un répertoire d'un certain ordre de faits; mais l'observateur qui s'emprisonne dans le cercle d'une spécialité est un homme ou incapable ou inconséquent.

15*. La nature ayant déposé certaines substances dans le sein de certains organes, je demanderai à l'anatomie les moyens de reconnaître ces organes; et une fois que mon œil aura appris à les distinguer, je demanderai à la chimie ses réactions et ses procédés. Si ces organes sont trop petits pour être saisis à la vue simple, j'invoquerai le secours des verres grossissans combinés en microscope. La physique m'apprendra à suivre la marche des rayons lumineux, à me rendre compte des effets de la lumière réfractée et réfléchie; et je transporterai le laboratoire de la chimie sur le porte-objet.

16*. Alors, au lieu de confondre sous le pilon des organes hétérogènes, au lieu de m'amuser à faire rentrer la symétrie et l'ordre dans le chaos, pour chercher vainement ensuite à en faire jaillir la lumière, j'étudierai l'organe en lui-même, j'étudierai son contenu à l'état de la plus grande pureté; et lorsque je me serai assuré indubitablement de ses caractères et de ses réactions, je n'aurai plus de peine à le deviner sous le masque des mélanges. Je jeterai des chaînes à ce Protée, à l'instant qu'il sommeille; par ma constance et mon imperturbable opiniâtreté, je le forcerai à me révéler ses mystères, et dès lors il aura beau se montrer tour à tour cèdre, dragon, fleuve, tigre, lion, il n'échappera plus à l'œil qui l'aura deviné et qui le domine.

17*. Cette idée simple et rationnelle, je n'ai cessé de la poursuivre et de l'appliquer pendant un certain nombre d'années; et, telle est la puissance d'une conception vraie, que, sans laboratoire, sans instrumens, sans protection, et quelquefois sans ressources, elle n'a cessé entre mes mains d'être féconde en résultats, qu'après bien des persécutions et des outrages, on adopte enfin de toutes parts.

18*. Le livre que je publie en est une grande application; j'aurais pu le rendre plus volumineux; mais comme je n'aurais consacré le surplus qu'à la réfutation de bien des prétendues découvertes, et qu'on trouvera, dans ce qu'il renferme, des principes suffisans pour les réfuter soi-même, je pense que le lecteur me saura gré de ma sévère concision. Depuis que je me livre à l'étude de la nature, je me suis de plus en plus convaincu que, dans toutes les sciences, il y a plus à déblayer encore qu'à apporter, plus à détruire qu'à édifier, que nous ne pouvons plus prétendre à l'honneur d'enrichir la science qu'en la réduisant, enfin qu'elle ne doit presque plus avancer, pour ainsi dire, qu'à reculons; c'est pénible à avouer; mais c'est exactement vrai.

19*. Cette nouvelle méthode d'observation, appliquée à l'étude des êtres organisés, repose sur un certain nombre

de généralités ; elle a recours à un certain nombre de procédés ; je vais les exposer dans ces notions préliminaires. Je m'occuperai, dans tout autant de chapitres séparés, d'abord des procédés en petit, puis des procédés en grand qui en sont la contre-épreuve ; ensuite de la théorie qui m'a semblé découler le plus naturellement des résultats, que l'alliance de ces deux méthodes d'observation m'a fournis ; puis enfin de la classification de l'ouvrage.

CHAPITRE PREMIER.

PROCÉDÉS D'OBSERVATION EN PETIT.

§ 1. Théorie du microscope.

20*. L'expérience démontre que notre œil ne voit les objets réfléchis par une surface polie, que dans le prolongement du rayon qui lui arrive directement ; soit *a a*,*(fig. 6 pl. 1) la surface polie, *c* l'objet que cette surface réfléchit vers l'œil placé en *b* ; cet objet sera vu en *c'*, c'est-à-dire dans le prolongement du rayon réfléchi *b c'*.

21*. L'expérience démontre encore qu'en passant obliquement à travers un milieu d'une densité différente, les rayons lumineux éprouvent un brisement, une réfraction qui est soumise à des lois constantes. Ainsi soit une lame de verre *a a* fig. 9 ; le rayon lumineux *b b'* qui tombe sur elle perpendiculairement à sa surface, la traversera sans subir aucune réfraction, et l'œil placé en *b'* verra, à travers la plaque de verre *a a*,* l'objet *b* à sa véritable place. Mais le rayon *c* qui arrive obliquement sur la lame, se brisera, en entrant, de manière à se rapprocher de la perpendiculaire *b'* ; il se brisera de nouveau, en sortant de la lame de verre, de manière à s'éloigner de nouveau de la perpendiculaire ; en sorte que, d'après le principe ci-dessus (20*), l'œil placé en *d* verra l'objet *c* en *d'*, tandis que, sans la lame de verre,

il devrait se placer en *c'* pour voir l'objet *c*. On a trouvé que le sinus de l'angle d'incidence et le sinus de l'angle de réfraction sont dans des rapports constans, quand la densité du milieu réfringent est la même; on a trouvé que certaines substances réfractent plus que d'autres, que le diamant par exemple réfracte plus que le verre, et le verre plus que l'eau; en d'autres termes, que certaines substances rapprochent plus de la perpendiculaire le rayon lumineux, que certaines autres. Le pouvoir réfringent d'une substance étant donc connu, il devient facile de représenter d'une manière graphique la marche des rayons lumineux.

22*. Voyons ce qui résulterait si les rayons lumineux avaient à traverser, pour arriver à notre vue, deux prismes de verre *f b f* et *f b' f* fig. 7, accolés l'un contre l'autre par leur base *f f* commune. Le rayon *e* se rapprochant, en entrant, de la perpendiculaire *c*, et s'éloignant, en sortant, de la perpendiculaire *d*, se dirigera vers *a*; le rayon *e'* se rapprochant, en entrant, de la perpendiculaire *c'*, et s'éloignant, en sortant, de la perpendiculaire *d'*, se dirigera vers *a*, où il rencontrera le rayon *e a*, comme dans un foyer. L'œil placé en *a* verra donc simultanément l'objet placé en *e* et l'objet placé en *e'*; d'après le premier théorème (20*) il les verra non pas en *e* et en *e'*, mais dans le prolongement des deux rayons *a g* et *a g'*, c'est-à-dire sous l'angle *i a i'*.

23*. Ce que nous venons d'établir, à l'égard des deux rayons *e* et *e'*, s'applique évidemment à tous les rayons qui partiraient d'un objet occupant l'espace compris entre *e* et *e'*; lequel, par conséquent, se trouverait grossi en apparence, jusqu'à occuper l'espace compris entre *i* et *i'*. Ces deux prismes réunis formeraient donc un verre grossissant.

24*. Mais supposons que les quatre lignes *b f* et *f b'* ne soient que des tangentes, et qu'au lieu de deux prismes, nous ayons deux segmens de sphère accolés par leur surface plane (fig. 1 *f f*), la marche des rayons lumineux sera absolument identique. Or c'est là la forme qu'on donne en

général aux lentilles en verre qui servent à grossir les objets : celles que l'on appelle *plano-convexes*, fig. 1. *dd*, n'en sont qu'une modification. Pour tracer donc la marche des rayons lumineux à travers les lentilles, il suffit de tirer une tangente au point de la surface où le rayon lumineux aboutit, d'élever à ce point une perpendiculaire à la tangente, et de calculer ainsi les rapports des sinus d'incidence et des sinus de réfraction (21*).

25*. On sait d'un autre côté que, plus l'objet que nous regardons est éloigné de notre œil, et plus est aigu l'angle que forment les rayons qui viennent de cet objet converger à l'entrée de la pupille et se croiser, pour aller se réfléchir sur notre rétine, qui devient ainsi la base de l'angle opposé par le sommet au premier. En conséquence, plus l'objet se rapproche de notre vue, et plus l'angle visuel dont la rétine est la base s'agrandit; de sorte qu'il arrive un point où la surface de la rétine ne suffit plus à son amplitude, et que, par conséquent, elle ne peut plus percevoir l'objet. L'expérience démontre que, pour l'homme, la limite moyenne de la vision distincte est à huit pouces de notre œil ; et ce n'est que par exception à la conformation générale du globe de l'œil humain, que, pour certaines personnes que l'on nomme *myopes* ou à *vue courte*, la limite est plus près de l'œil, et pour certaines autres que l'on nomme *presbytes* ou à *vue longue*, la limite est plus éloignée.

26*. Enfin il est des objets si petits que, placés à la limite de la vision distincte et même près du globe de l'œil, leur image viendrait se peindre sur la rétine, sous des angles trop aigus pour être perçus par la vision. Car notre rétine n'a pas été organisée pour les infiniment petits.

Il est donc évident que tout objet trop petit, pour être distingué à huit pouces de notre œil, ne pourra plus être distingué par nous, sans un moyen quelconque qui vienne suppléer à l'impuissance de notre vision ; or ce moyen n'est autre que le mécanisme des verres grossissans.

27*. Soit en effet (fig. 1.) le petit cristal d'oxalate de chaux (1367) *e e'* trop petit pour être distingué à la vue simple. Si nous interposons, entre lui et notre œil, la lentille dont la section perpendiculaire se voit en *f f*, il arrivera nécessairement que le rayon *a*, tombant perpendiculairement sur la tangente de la face inférieure et se confondant par conséquent avec la perpendiculaire, traversera l'axe de la lentille sans subir aucune réfraction ; mais les rayons *e* et *e'*, partis des extrémités du cristal et tombant obliquement sur la surface de la lentille, se briseront, en entrant et en sortant, pour venir se réunir en *j* au rayon *a*. Si l'œil se place en *j*, il distinguera le cristal *e e'* auparavant inapercevable, mais il le verra dans le prolongement des rayons *j j'*, et à la distance de huit pouces, limite de la vision distincte à laquelle nous avons contracté l'habitude de rapporter les objets les plus rapprochés de notre œil, distance que nous supposerons en *g g'*; en conséquence nous verrons l'objet sous un angle plus grand, c'est-à-dire nous le verrons grossi (25*), et ce grossissement est susceptible d'être mesuré.

28*. Car soit le petit triangle *e j e'* et le grand triangle *g j g* formé par le prolongement des rayons réfractés *j j'*; ces deux triangles sont proportionnels entre eux. La fraction *a a* de la perpendiculaire sera donc à la perpendiculaire *j a'*, comme la base *e e'* du petit triangle sera à la base *g g'* du grand. Or, si le cristal est à deux pouces de distance de l'œil placé en *j*, et que la perpendiculaire *j' a a''* ait huit pouces, il s'ensuivra que la base *e e'* du cristal sera renfermée quatre fois dans la base *g g'*, qui est la grandeur apparente du cristal vu à travers la lentille *f f*. Ainsi la lentille aura grossi quatre fois le cristal *e e'*[1].

(1) Comme, dans la pratique, l'œil se trouve appliqué contre une surface de la lentille, et que celle-ci devient pour ainsi dire une portion de notre organe, une pupille, l'on ne tient compte que de la distance de l'objet à la surface de la lentille qui est opposée à l'œil. Pour avoir donc le grossissement d'une lentille, on mesure la distance de l'objet par rapport à sa surface, distance qui s'appelle *fo-*

29*. En procédant graphiquement (21*), on s'assurera que plus la courbure des surfaces de la lentille sera forte, c'est-à-dire, plus le rayon de la sphère dont ces deux surfaces sont les segmens sera court, et plus sera grand l'angle sous lequel est vu l'objet *e e'*, et par conséquent plus il sera grossi. Cependant la puissance de l'art étant bornée, les lentilles les plus fortes d'aujourd'hui ne dépassent guère un grossissement de 150 diamètres; elles sont grosses comme de fortes têtes d'épingle.

30*. Pour obtenir de plus forts grossissemens, il est nécessaire de combiner entre elles un certain nombre de lentilles, ainsi que le tracé de la fig. 1 va le faire concevoir.

31*. Les rayons *e a e'* arrivés au point *j* ne s'arrêtent pas dans leur route, et ils divergent d'autant plus qu'ils s'éloignent davantage du point *j*. Qu'à une certaine distance, on oppose à leur marche la lentille *plano-convexe d d*, ils se rapprocheront de la perpendiculaire de manière qu'ils iraient se rejoindre en *b*, si, dans leur route, ils ne trouvaient pas d'autre obstacle; l'œil placé en *b* verrait donc le cristal *e e'* sous l'angle *h b h'*, et par conséquent les dimensions apparentes du cristal auraient grossi (28*).

32*. Mais qu'à une certaine distance on leur oppose de nouveau la lentille bi-convexe *c c*; et, par suite d'une nouvelle combinaison de réfractions, les rayons *a e c'* viendront se rejoindre en *a'*, et l'œil placé à ce point apercevra le cristal sous l'angle *i' a' i*, par conséquent plus grossi encore que la seconde fois (31*).

33*. Mais alors il se trouvera que l'image du cristal se montrera renversée, à cause du croisement des rayons *e e'* en *j*, en sorte que la base *e'* du petit cristal sera placée du côté *h'* et *i'* opposé à sa véritable position; ce qui n'arrivait

cale, et l'on divise, par cette distance, les huit pouces de la vision distincte ordinaire; le quotient exprime le grossissement. Ainsi, si l'objet est rendu visible, quand il est placé à une ligne de la lentille, le grossissement apparent sera de 96 fois le diamètre réel de l'objet.

pas quand nous ne faisions usage que d'une seule lentille.

34*. Pour la redresser, il faudrait placer la lentille *c c* au-delà du point *b*, où les rayons *e e'* viendraient une seconde fois s'entre-croiser. Sous ce rapport les deux lentilles *c c* et *d d* ne forment donc qu'un même système, et peuvent être assimilés à une seule lentille qui grossirait à elle seule autant que les deux à la fois.

35*. On concevra facilement que plus le système de lentilles *cc*, *dd* s'éloignera du point *j*, et plus l'image *c c'*, qu'elles sont destinées à recueillir et à grossir encore, aura acquis des dimensions apparentes plus grandes. Mais aussi, à une certaine distance, les rayons lumineux *e e'* débordant la circonférence de la lentille inférieure, iront se perdre dans l'espace. D'où il est aisé de conclure que la clarté de l'image diminuera, à mesure qu'on éloignera ce système de lentilles, dans le but de grossir les dimensions apparentes; en un mot, on perdra en clarté ce qu'on gagnera en grossissement.

36*. Les lentilles présentent un inconvénient grave qui résulte de leur analogie avec le prisme. On sait en effet que les rayons solaires se décomposent, en se réfractant à travers un prisme, et que l'œil placé du côté opposé au soleil reçoit, au lieu d'une image blanche, une image (*spectre solaire*) composée de toutes les couleurs de *l'arc-en-ciel* rangées dans un ordre constant. Le même phénomène se présente avec moins d'intensité, il est vrai, au microscope, et les images s'y trouvent altérées par des *irisations* qui fatiguent la vue, et sont capables d'induire en erreur sur la couleur réelle des objets. Or, ces irisations augmentent avec le nombre des lentilles; et à cet inconvénient il faut ajouter la déperdition des rayons lumineux, provenant d'une réflection partielle faite par la surface sphérique des lentilles et qu'on désigne sous le nom d'*aberration de sphéricité*. L'attention des opticiens s'est portée plus spécialement sur cet objet depuis Euler, et nous possédons aujourd'hui des lentilles

que l'on nomme *achromatiques*, et qui transmettent les images sans les colorer. La théorie de l'*achromatisme* est fondée sur ce que les substances propres à la confection des lentilles décomposent le rayon lumineux en réfractant ses élémens colorés sous des angles différens; de manière qu'on peut parvenir à recombiner ces élémens divisés, en associant entre elles, dans un seul système, deux substances douées de pouvoirs réfringens différens. On se sert à cet effet du flint et du glass, deux sortes de verres qui diffèrent par les proportions des ingrédiens qui rentrent dans la pâte. La difficulté d'appliquer l'*achromatisme* au microscope venait des petites dimensions des lentilles qu'on avait à travailler, pour obtenir de forts grossissemens; aujourd'hui on est parvenu à la vaincre, et nous pouvons nous procurer des lentilles achromatiques d'un millimètre de foyer.

37*. L'achromatisme, outre l'avantage de diminuer les aberrations de sphéricité et de réfrangibilité, offre encore celui de pouvoir agrandir le champ visuel, avantage précieux en ce que notre vue, habituée à contempler les objets dans un champ vaste et presque illimité, se fatigue terriblement lorsqu'elle est réduite à ne plus les considérer que dans un espace très restreint, comme l'est le champ visuel des microscopes ordinaires.

§ 2. Construction du microscope.

38*. On distingue deux espèces principales de microscope : Le *microscope simple* ou *loupe montée* et le *microscope composé*.

39*. Le microscope simple est un instrument peu compliqué, destiné à rendre plus commode et moins fatigant l'usage d'une simple lentille. Sous le rapport de la clarté et de la netteté des images, aucun autre instrument grossissant n'est comparable à celui-ci (35*). Les autres ne l'emportent que par un plus fort grossissement et par un champ visuel plus vaste et moins fatigant pour la vue (37*).

40*. Je me suis définitivement arrêté à la construction suivante dont la fig. 3, pl. 1, représente l'esquisse, et qui m'a paru suffire à tous les cas de fine anatomie ou de chimie microscopique [1] : un *porte-lentille* (*a*) est placé au bout d'une tige horizontale que la vis (*f*) fait rentrer ou sortir d'une gaîne, qui elle-même est susceptible de tourner sur un pivot enfoncé à frottement dans l'intérieur de la tige verticale de l'instrument; de cette manière on peut procéder à la recherche d'un corps placé sur le *porte-objet* (*b*), en faisant mouvoir la lentille d'arrière en avant et de droite à gauche. Le *porte-objet* (*b*) se compose d'une lame épaisse d'un beau verre incolore, qui est légèrement concave d'un côté, et qui est enchâssé dans un cercle épais en métal, lequel tient fortement, à l'aide d'une queue d'aronde qui entre à frottement, à la gaîne que la vis (*e*) fait monter et descendre par une crémaillière. Un miroir (*c*), mobile de bas en haut et de droite à gauche, sert à éclairer l'objet placé sur le *porte-objet*. L'instrument est fixé, au moyen d'une vis de pression, sur une boîte (*d*), dans laquelle chacune de ses parties peut se loger, quand on ne désire plus en faire usage, et qui renferme en outre, pour les besoins de l'observation, un scalpel d'une forme spéciale, deux aiguilles emmanchées, une pince et un diaphragme du même diamètre que le porte-objet, et qui sert à diminuer l'intensité de la lumière; le nombre des lentilles ne dépasse pas deux, dont l'une a 7 à 8 lignes de foyer;

(1) On trouve cet instrument chez Deleuil, opticien, rue Dauphine, n. 24. C'est le seul artiste de la capitale qui ait bien voulu partager l'intérêt que je porte à cette classe de jeunes studieux, que la nature a plus favorisés que la fortune, et se convaincre que dans le magasin d'un opticien, comme dans tous les autres, les petits gains peuvent faire de grandes sommes. Il a consenti à vendre, au prix de 50 fr., un instrument qu'on ne céderait pas ailleurs à moins de 80 fr. Aussi ne peut-il pas suffire aux demandes des amateurs. On peut s'adresser à lui pour tous les instrumens accessoires décrits dans cet ouvrage. Mes lecteurs ont trop bonne opinion de mon caractère, pour voir le moindre intérêt personnel dans cette note.

et l'autre un millimètre environ; celle-ci est susceptible de grossir jusqu'à cent cinquante fois. Mais l'artiste a prévu le cas où l'amateur voudrait en posséder plusieurs à grossissemens intermédiaires, et la boîte offre assez de compartimens pour les loger. Cet instrument est si peu volumineux qu'on le porte aisément dans la poche de l'habit.

41*. Le *microscope composé* ne se construit plus aujourd'hui qu'avec des lentilles achromatiques (36*) que Selligue le premier a adaptées à cet instrument. On le perfectionne de jour en jour, et si je m'attachais à en désigner un de préférence, peut-être, sous ce rapport, mon livre serait-il arriéré dans quelques mois. Je me contenterai d'en présenter la structure générale, fig. 2. Soit un long tube vertical cylindrique (*dd*), terminé inférieurement par un cône, à l'extrémité duquel est adapté un système de lentilles achromatiques[1] à court foyer qu'on nomme l'*objectif* (*e*). A l'extrémité opposée sont adaptées les deux lentilles qui forment l'*oculaire* (34*), au moyen d'un tube spécial fort court (*a*), qui entre à frottement dans un tube plus long (*b c*), lequel entre à son tour à frottement dans le tube principal (*dd*). Si maintenant vous fixez l'extrémité inférieure (*e*) de ce tube vertical dans le porte-lentille (*a* fig. 3), vous aurez, au lieu d'un microscope simple, *un microscope composé*, dans lequel les rayons lumineux venant de l'objet suivront, pour arriver à l'œil placé en *a* (fig. 2), la marche tracée dans la fig. 1 (27*). On augmente le grossissement, en tirant le tube (*c b*) (35*), et en éloignant ainsi l'*oculaire* (*a*) de l'objectif (*e*). Toute la surface intérieure des tubes de cet instrument doit être enduite d'une couche noire non polie, afin d'intercepter tous les rayons lumineux que les aberrations de sphéricité et de réfrangibilité auraient écartés de la marche normale, et qui ne sont plus propres qu'à troubler la vision.

(1) Ce système peut se composer de trois lentilles à long foyer, placées les unes près des autres; mais une seule lentille est préférable, quand on peut en trouver de bonnes à court foyer.

42*. Amici a eu l'idée de rendre le microscope horizontal, en appliquant à sa construction le prisme rectangle que Newton avait appliqué à celle du télescope. Soit un tube horizontal terminé par un oculaire, et du côté opposé par le cône vertical de l'objectif, qui s'adapte au tube, en faisant un coude avec lui; qu'on place à ce coude un prisme rectangle en verre, dont l'hypothénuse soit en face de l'oculaire, et dont la face inférieure soit parfaitement horizontale. Il est évident que les rayons verticaux, transmis par l'objectif, arriveront sans réfraction à l'hypothénuse, qui les brisera à angle droit, et les réfléchira horizontalement vers l'œil de l'observateur placé à l'oculaire.

43*. Voilà les trois principales modifications du microscope. On peut se construire soi-même à peu de frais des microscopes simples, et même en improviser à la minute en cas de besoin. Une goutte d'eau limpide, déposée sur une lame de verre, s'arrange de manière à former une lentille plano-convexe, dont on peut se servir pour de courtes observations; car l'évaporation ne tarde pas à la déformer. On en obtient de plus durables, en employant des larmes liquides d'une résine diaphane (1133) qu'on place sur une lame de verre bien net. Enfin on peut en souffler en verre, qui quelquefois fournissent des grossissemens énormes. On place du bon verre réduit en poudre dans une petite spirale de fil de platine, ou sur des trous réguliers pratiqués dans une lame du même métal; on soumet cette poudre à la flamme du chalumeau, et quand elle est tout en fusion, on la laisse refroidir très lentement; la masse s'arrange en un globule qui approche plus ou moins de la sphéricité parfaite, et qui dès lors peut servir de verre grossissant (24*). Sur dix à douze fabriquées de la sorte, on peut en trouver une bonne. On produit la flamme du chalumeau, avec celle d'une simple chandelle, qu'on active au moyen du tube en verre (fig. 5, pl. 1); on souffle par le gros bout, le petit bout se trouvant placé contre la mèche.

44*. Mais ces petites lentilles étant souvent à foyer extrêmement court, il est nécessaire alors de ne laisser parvenir sur elles que les rayons qui traversent l'objet microscopique, et de les monter par conséquent au bout d'un petit tube noirci que doit traverser le porte-objet. On approche la lentille du porte-objet, au moyen de la vis qui fait entrer sa monture dans le tube. Quand le foyer n'est pas très court, on peut se servir de ces simples lentilles, en imitant, même grossièrement, l'instrument de la fig. 3, pl. 1.

§ 3. Influence de la qualité des microscopes sur le mérite des observations[1].

45*. La plupart des micrographes modernes, s'adressant à un public dont ils ambitionnaient les suffrages ou à des juges dont ils sollicitaient les faveurs, mais également incapables de constater par eux-mêmes le mérite des observations, ces micrographes, dis-je, ne trouvaient pas de meilleure garantie à donner de l'exactitude des faits que la richesse des microscopes dont ils s'étaient servis. « Nous avons observé cela avec le beau microscope d'Adams, avec l'excellent microscope de Selligue, avec l'incomparable microscope d'Amici » inscrivaient-ils en tête de leurs mémoires; et tout le monde de se récrier sur l'incontestable découverte obtenue à l'aide d'aussi puissans instrumens. Il y avait dans ces annonces pompeuses moitié charlatanisme et moitié bonhomie; les auteurs se servaient d'une formule de langage dont s'étaient servis leurs prédécesseurs; c'était le *laisser-passer* d'usage vers la couronne que devait leur décerner la crédulité. Nous nous présentâmes alors, nous, avec des observations faites au moyen d'un appareil grossier, d'une simple lentille de 2 fr., suspendue à une potence de cuivre, fixée dans un cube de bois; et nous avions la prétention d'attaquer les ri-

(1) *Observ. et expériences sur les granules qui sortent du pollen*, tom. IV des Mém. de la Soc. d'hist. nat. de Paris. 1828.—*Annal. des Sc. d'obs.*, tom. I, pag. 233. 1829.

ches observations de nos riches savans. Il y eut lutte acharnée : ce qui devait être quand la pauvreté isolée et sans protecteurs venait frapper aux portes du sanctuaire de la science que la fortune avait envahi. Dans les deux écrits cités ci-dessus, on pourra lire les détails de la polémique; les principes que nous posions alors ayant été admis généralement depuis, il nous suffira de les exposer succinctement.

46*. Avec une simple *loupe montée* (39*) on peut obtenir un grossissement de 150 diamètres; les rayons lumineux, n'ayant que deux surfaces à traverser, n'y éprouvent que deux fois des aberrations de sphéricité et de réfrangibilité (36*); aussi a-t-on lieu d'observer que l'image de l'objet se présente avec plus de netteté et plus de clarté qu'à tout autre microscope.

47*. Mais, dira-t-on, avec un microscope composé, nous obtenons des grossissemens de 1000 à 2000 diamètres; voyez quelle supériorité! Il faudrait en quelque sorte en convenir, si, à ces grossissemens énormes, l'image conservait la netteté et la clarté qu'on remarque en se servant d'une simple loupe montée. Or cela n'est rien moins que possible, même aux grossissemens de 800 diamètres. Car les rayons lumineux ont tant de surfaces à traverser dans les microscopes composés, et par conséquent tant de déperditions à subir, que l'image n'arrive à l'œil qu'avec une certaine confusion qui fatigue l'œil, et ne laisse rien découvrir de plus qu'à la simple loupe. Or, la clarté est une immense compensation du grossissement; que m'importe, en effet, que vous me montriez des géans que je ne puis distinguer que dans l'ombre?

48*. En supposant pourtant que ces grossissemens nous donnent les images aussi pures que nous le promettent les possesseurs ou les fabricans de ces sortes d'instrumens, la supériorité des microscopes composés cessera de paraître aussi merveilleuse qu'elle le paraissait d'abord, si on a soin de réduire la différence à sa plus simple expression. Car au grossissement de mille fois, le microscope composé ne gros-

sirait les objets que six fois plus que la simple lentille du microscope simple ; sorte d'avantage auquel l'habitude d'observer et l'attention peuvent suppléer d'une manière complète. Au reste, la grande variation qu'on remarque dans les dimensions d'un organe, selon qu'on le prend dans telle ou telle espèce, concourt encore à diminuer l'importance de cet avantage et à le rendre, pour ainsi dire, accidentel. Car l'organe qui, dans telle espèce, me paraissait inapercevable à une simple loupe, acquiert, dans une autre espèce, des dimensions telles, qu'il me serait possible de le disséquer sans changer d'instrument.

49*. Quant à la supériorité du microscope horizontal (42*) par rapport au microscope vertical (41*), elle est toute chimérique ; et *toutes choses égales d'ailleurs*, c'est-à-dire construit avec les mêmes lentilles que le microscope vertical, par le fait seul de l'addition de son prisme rectangle, il doit être inférieur à l'autre ; puisque par le fait seul de sa surface postérieure réfléchissante et de ses deux faces inférieure et antérieure, ce prisme doit faire subir aux rayons lumineux trois sortes de déperditions de plus que le microscope vertical ; sorte d'inconvénient que rien ici ne compense ; en effet le prisme évidemment ne fait que couder les rayons lumineux, il ne produit point de réfraction, et par conséquent point de grossissement. Aussi avons-nous avancé, sans avoir été démenti à cette époque de la polémique, que certains objets, très visibles aux autres microscopes, restaient inapercevables au microscope d'Amici [1].

(1) On aura peut-être de la peine à concevoir qu'Arago, membre de l'Institut, ait osé dire en pleine séance, et laisser écrire que ces assertions étaient opposées aux premières notions d'optique. Mais Arago était en ce moment entraîné par la passion qu'il mettait à défendre le fils de son collègue ; et nous croyons trop à sa bonne foi, pour assurer qu'avant de prononcer cet anathème devant un public incompétent, il eût seulement écouté nos paroles. Ce fut un premier mouvement qu'il n'osa pas rétracter, et que Brewster lui a fait vigoureusement expier, en imprimant mot à mot notre réfutation dans son journal. Arago garda le silence ; mais l'autorité de son nom n'en avait pas moins induit en erreur le public français.

50*. Le seul avantage de ce dernier est donc un avantage de commodité, en cela qu'il permet de voir les objets, en restant assis, et comme on les observe à l'aide d'un porte-vue; car l'hypothénuse du prisme sert de miroir; mais cette attitude, convenable à l'amateur paresseux, est d'une incommodité telle pour l'observateur, qu'il lui est impossible de se livrer à des dissections et à des manipulations microscopiques.

51*. L'avantage des microscopes composés en général, par rapport aux microscopes simples, consiste à agrandir le champ visuel, à fournir un grossissement très fort, alors que l'objet est à une plus grande distance de l'objectif, et à permettre de le disséquer aussi facilement qu'à la vue simple. On n'a pour cela qu'à tirer les tubes internes (41*), et à laisser à l'objectif une lentille à long foyer.

52*. Mais, je le répète, ces avantages ne sont pas tels que le mérite des observations en dépende; je possède un bon microscope composé, j'ai eu à ma disposition les meilleurs microscopes, et pourtant je reviens encore volontiers à ma modeste loupe montée, et quelquefois je lui donne la palme sur les autres. Qu'on se rappelle que les belles observations de Swammerdam ont été presque toutes faites avec une simple loupe montée.

§ 4. Appareils de manipulations microscopiques.

53*. Je vais décrire ici les appareils dont je me suis servi plus habituellement; ils sont peu nombreux, et d'une construction fort simple. Il ne faudrait pas croire qu'ils suffisent à tous les cas possibles qui peuvent se présenter à l'observateur. Celui-ci aura sans doute bien des fois l'occasion de réclamer le service de nouveaux instrumens de son invention. Qu'il ne se décourage pas, lorsque sa fortune ne lui permettra pas de réaliser le plan qui se sera présenté le premier à son esprit. Que de fois, après avoir maudit ma pauvreté, et désespéré, faute d'argent, du succès de ma tentative, ne m'est-il pas arrivé, par l'effet d'une inspiration subite, de con-

cevoir un appareil dont une obole acquittait le prix, et qui me tenait lieu, sous tous les rapports, d'un appareil plus riche!

54*. Le PORTE-OBJET du microscope (*b* fig. 3, pl. 1) étant métamorphosé en laboratoire, il est évident qu'il doit être à l'abri de l'action des reactifs, des acides surtout que l'on aura à employer. Aussi ai-je conseillé de recouvrir la plaque métallique, qui forme le porte-objet des microscopes composés, avec une glace de même grandeur, bordée d'une gouttière qui empêche les liquides de couler sur la monture ou le miroir (*c*). Le porte-objet du microscope simple est légèrement concave pour le même motif; mais cette inégalité de surface nuit un peu, dans les forts grossissemens, à la facilité des observations, en ce qu'il faut sans cesse approcher ou reculer la lentille, à mesure que l'objet change de position par les mouvemens du liquide. Dans les microscopes composés, comme dans les microscopes simples, l'appareil qui porte les lentilles doit être mobile, et le porte-objet immobile, afin qu'aucun mouvement ne vienne déranger la position de l'objet qu'on observe à divers grossissemens. Outre ce porte-objet, on fait usage de *porte-objets* portatifs; ce sont des petites lames de verre sans défaut. Les plus minces sont les meilleures pour les essais par le feu. Parmi ces porte-objets portatifs, les plus utiles, sans contredit, sont ceux que j'appellerai *porte-objets à réactifs* (fig. 8, pl. 1); ce sont des lames de glace très pure, sur une des surfaces desquelles on a creusé une, deux ou trois cavités (*a a*) en segmens de sphères. On remplit ces cavités du liquide à observer, et pour s'opposer à l'évaporation de ses molécules, on les ferme hermétiquement, en faisant glisser à frottement, sur la surface creusée, une autre lame simple en glace; et crainte que le liquide ne s'évapore à travers les lames, on tapisse les jointures avec une couche liquide d'une substance insoluble dans le menstrue employé : avec de la gomme ou de l'albumine, si c'est l'éther ou l'alcool qu'on emprisonne, avec de la résine, si c'est de l'eau. On peut conserver ainsi les liquides, comme

dans des flacons bouchés à l'émeri, pour l'observation journalière. Deleuil (40*1)* en fabrique de toutes les formes et de toutes les dimensions.

55*. DIAPHRAGMES. — Les rayons lumineux, qui ne sont pas destinés à éclairer l'objet, ne peuvent être que nuisibles à la vision ; il faut avoir soin de les écarter. On y parvient au moyen de diaphragmes percés d'une ouverture qui donne issue aux seuls rayons utiles. On en place un mobile sous le porte-objet ; il porte des ouvertures de divers diamètres, dont le plus grand dépasse à peine 4 millimètres. On se sert des ouvertures les plus étroites, pour éclairer les objets que leur trop grande transparence rend inapercevables au grand jour. Le tube des grands microscopes est divisé aussi, de distance en distance, par des diaphragmes à une seule ouverture, pour arrêter la portion du cône lumineux qui ne pourrait pas être saisie par l'oculaire(41*). Dans notre microscope simple, nous avons eu soin de loger un diaphragme du diamètre du porte-objet ; il est à une seule ouverture ; on le tient à la main, et on peut ainsi, en le plaçant plus à droite ou plus à gauche, ou en l'inclinant plus ou moins, rétrécir le faisceau lumineux que le miroir lance sur le porte-objet. Le diaphragme est un appareil indispensable ; et c'est faute de s'en être servi à propos que certains observateurs n'ont pu apercevoir des organes, qui se trouvaient pourtant en grand nombre sous leurs yeux (45[1]).

56*. MIROIRS RÉFLECTEURS. On en distingue de deux sortes : ceux (*c*) qui sont destinés à éclairer l'objet par réfraction, c'est-à-dire l'objet interposé directement entre eux et *l'objectif*(41*) ; et ceux qui sont destinés à l'éclairer par réflection, à n'éclairer que la surface d'un objet opaque placé sur un fond noir ; ceux-ci se composent ou d'une loupe ou d'un prisme à surfaces courbes, qui concentrent les rayons lumineux et les font converger sur l'objet, ou bien d'un miroir mobile qui réfléchit obliquement les rayons. Les uns et les autres sont implantés sur un angle

quelconque du porte-objet. Mais ils ne m'ont jamais paru remplacer avantageusement la lumière directe des nuages, et ils m'ont toujours paru au contraire altérer la netteté de l'image par un jour vague et faux. Je n'en fais jamais usage, et je trouve beaucoup plus d'avantage à ne laisser parvenir à ma vue que les rayons lumineux qui traversent le microscope; bientôt mon œil se familiarise avec l'obscurité du porte-objet, et je distingue ainsi les corps tout aussi nettement par réflection que par réfraction (20*, 21*). Le fond noir doit être placé sous la lame du verre du porte-objet; c'est un carton ou une carte revêtue de plusieurs couches d'encre de chine. Au microscope achromatique de Selligue, on peut observer les corps opaques tout aussi bien qu'à la loupe, en tirant tous les tubes (41*) et ne conservant qu'une lentille; la distance du porte-objet à l'objectif peut être alors d'un pouce, quoique le grossissement puisse atteindre 150 diamètres. Lorsqu'on observe par réfraction (21*), il faut écarter au contraire les rayons lumineux qui servaient à l'observation par réflection; ils sont capables d'induire en erreur, en compliquant l'image réfractée des reflets de la lumière réfléchie[1]. On entoure à cet effet l'oculaire d'un tube de carton noirci intérieurement, et qui descend très près du porte-objet.

57*. Instrumens de dissection. — Un petit scalpel à lame mince et étroite, le côté tranchant recourbé en arrière; deux aiguilles ordinaires très aiguës, emmanchées de la même manière que le scalpel; ce sont là tous les instrumens que réclament les dissections microscopiques des organes. On se sert du scalpel pour diviser, et des aiguilles pour isoler séparer, débarrasser les objets, et pour les amener auprès du réactif ou sous le foyer du microscope. On peut aussi se munir de petits crochets attachés à un fil terminé par un petit poids en plomb, pour tenir étalées ou écartées les membranes soumises à l'observation. Lorsqu'on a à traiter

(1) On voit un de ces reflets sur les fig. 7, 8, 17, et même 1 et 2 de la pl. 5.

un corps plongé dans une goutte d'acide, on remplace les aiguilles par un fil très fin de platine.

58*. Pipettes (fig. 5, pl. 1). — Ce sont des tubes en verre effilés par un bout à la lampe, qui servent à déposer sur le porte-objet une goutte du réactif à essayer, et qu'on a introduite dans le bout effilé en aspirant par l'autre. On en fabriquera soi-même avec la plus grande facilité, en soumettant à la flamme de la chandelle le milieu d'un tube de verre, que l'on coudera dès que le verre sera devenu flexible; on laissera refroidir, et on soumettra de nouveau, à la flamme de la chandelle, une des branches à une certaine distance du coude; lorsque le verre sera rouge, on tirera avec effort les deux branches avec les deux mains, et celles-ci se sépareront en s'effilant d'une manière capillaire. Si l'on casse le bout effilé à une certaine distance, il se trouvera perforé.

59*. Appareil contre les effets de l'évaporation des liquides. — Les vapeurs, en se condensant sur la surface inférieure de l'objectif (41*), y forment des gouttelettes arrondies, qui jouent le rôle de tout autant de lentilles, et qui, arrêtant au passage les rayons lumineux, les dévient dans tous les sens, les divisent, et détruisent ainsi entièrement l'image transmise à l'objectif. Cet effet a lieu, non-seulement lorsque l'on élève la température du liquide par l'action de la chaleur directe ou par celle d'une réaction, mais encore lorsqu'on se sert, pour étudier un corps au microscope, d'un acide fumant tel que l'acide hydrochlorique. On pare à cet effet, en emboîtant l'appareil de l'objectif (*e* fig. 2, pl. 1) dans un petit tube fermé par un bout, dont la convexité, nette de toute impureté, s'applique assez bien sur la surface de la lentille. On plonge alors cette extrémité dans le liquide même, qui de cette façon ne peut ni revêtir de ses vapeurs la surface de la lentille, ni, en se glissant par les jointures dans l'intérieur du microscope, y produire le même effet. Ainsi veut-on observer un corps dans l'eau bouillante? on remplace le miroir (*c* fig. 3, pl. 1) par une petite lampe, et

le porte-objet plane (*b*) par un verre de montre très mince que l'on remplit d'eau, et dans lequel on a eu soin de déposer quelques fibrilles de coton ou autres, pour emprisonner et fixer les molécules à observer sous les yeux de l'observateur, malgré le bouillonnement de l'eau; on a soin de plonger l'extrémité du microscope dans l'eau, avant de chauffer le verre de montre, et l'on chauffe celui-ci graduellement et avec beaucoup de précaution. Quand on a à observer une substance corrosive, mais sans l'application de la chaleur, on se sert des porte-objets à réactifs dont nous avons parlé plus haut (54*).

60*. MICROMÈTRES. — On mesure les dimensions absolues des corps microscopiques de trois manières : au moyen ou d'une règle fixe, ou d'une règle mobile, ou de la double vue. La *règle fixe* ou *micromètre en verre*, est une lame de verre, sur laquelle on a tracé au diamant un certain nombre de millimètres divisés en fractions de diverses dénominations. On n'a qu'à déposer des petits corps sur ces lames, pour lire le nombre de fractions qu'ils recouvrent, et qui exprime leur diamètre réel. Nous avons vu des micromètres tracés par Lebaillif, sur lesquels le millimètre était divisé, avec la plus grande netteté, en 400 parties. Le mérite de ces instrumens dépend exclusivement de la précision de la machine que l'on nomme diviseur.

Le *micromètre mobile* se compose d'une tige horizontale et parallèle au porte-objet, qui avance ou recule au moyen d'une vis, tournant dans une virole immobile, dont la circonférence est graduée, de manière à pouvoir y lire, à l'aide de l'aiguille que fait marcher la vis, le chemin qu'a parcouru la pointe de la tige. On conçoit facilement comment cette pointe peut donner ainsi la mesure réelle de l'objet observé.

Le procédé de la double vue nécessite un petit calcul, outre l'observation directe, tandis que les deux premiers n'exigent qu'une simple observation. On tient au niveau du porte-objet, (quand on fait usage du microscope composé, ou bien à la distance de huit pouces, quand on se sert d'un mi-

croscope simple) un papier sur lequel est tracé en noir une règle divisée en centimètres et en millimètres alternativement blancs et noirs. On observe cette règle de l'œil gauche, en même temps que de l'œil droit on considère attentivement l'objet microscopique à travers les tubes du microscope. Il arrive un instant où l'objet microscopique vient en apparence se superposer à la règle, et dès lors on n'a plus qu'à tenir exactement compte de l'espace qu'il y occupe. Voilà le diamètre de l'image obtenu ; il s'agit d'en déduire le diamètre réel. A cet effet le grossissement du microscope étant connu (28*), il est évident que le diamètre réel de l'objet égalera le diamètre de son image divisé par le grossissement, puisque l'image n'est que l'objet multiplié par celui-ci ; en sorte que le diamètre réel étant désigné par a, le grossissement par b, et le diamètre apparent par c, on aura la formule suivante $a = \frac{c}{b}$. Par exemple soit un grossissement de 100 diamètres, le diamètre apparent de 20 millimètres ; le diamètre réel de l'objet sera de $\frac{20}{100} = \frac{2}{10} = \frac{1}{5}$ de millimètre. Par les deux premiers procédés, on n'obtiendrait pas de résultats plus précis que par ce dernier ; car les *pénombres* et les jeux de la lumière sont, chez ceux-là, des causes aussi puissantes d'erreurs, que les vacillations de la règle et les clignotemens de l'œil chez celui-ci, qui du reste a l'immense avantage d'être à la portée de toutes les bourses.

61*. Goniomètre microscopique. — Lorsque j'avais à mesurer les angles des cristaux microscopiques, j'étendais sur la surface de l'oculaire externe (41*) deux cheveux qui se croisaient vers le milieu de l'oculaire, et qui étaient tenus tendus par des boules de plomb attachées à leurs extrémités ; le champ du microscope apparaissait ainsi coupé par deux diamètres opaques. En tenant l'œil fixé sur le sommet du cristal observé, et faisant manœuvrer les fils avec la main, je parvenais à obtenir tellement l'ouverture de l'angle à mesurer, que mes deux cheveux se superposaient exactement sur lui. Je n'avais ensuite qu'à placer sur mes deux cheveux

un cercle gradué en gélatine, pour déterminer le nombre de degrés. Je réitérais plusieurs fois l'observation et j'en prenais la moyenne. Mais ce que j'obtenais à la longue, et en plusieurs opérations, en procédant à l'extérieur du microscope, je l'obtiens plus promptement et comme d'un seul coup, depuis que j'ai transporté l'appareil dans l'intérieur du microscope. Entre mes deux oculaires (32*), et environ au foyer du premier, se trouve un diaphragme à demeure, sur lequel j'ai fixé un cercle gradué en gélatine (pl. 1, fig. 4 *c c*)[1]. Un fil de coton (*b b*) est tendu du zéro à 180°; à la monture mobile du premier oculaire est collé verticalement un tube en carton noirci, sur l'ouverture inférieure duquel est tendu un autre fil de cocon (*a a*), de manière qu'amené sur le zéro du cercle, il se superpose autant que possible au premier fil de cocon (*b b*), ce qui ne peut presque jamais avoir lieu d'une manière exacte. Lorsqu'il s'agit de mesurer un cristal, on amène doucement celui-ci avec la pointe d'une aiguille (57*), au point d'intersection des deux fils de cocon (*d*), de sorte que le sommet de l'angle à mesurer coïncide avec le point qu'on peut regarder comme le centre du cercle, et qu'un côté de l'angle coïncide avec le fil de cocon immobile (*b b*). En faisant tourner la monture du premier oculaire, on amène le fil de cocon (*a*) à coïncider avec l'autre côté de l'angle après plusieurs essais. Quand on est sûr de l'exactitude du résultat, il suffirait, pour avoir la mesure de l'angle, de lire le nombre des degrés sur la portion correspondante du cercle. Mais comme le point d'intersection (*d*) des fils de cocon ne représente jamais exactement le centre du cercle, on écarte toute cause d'erreur, en additionnant l'ouverture des deux angles opposés au sommet, et divisant par deux; le quotient donne l'ouverture réelle de l'angle du cristal.

Cet instrument peut s'appliquer, avec une légère modi-

(1) Celui que je possède a été gradué en degrés, et malgré son petit diamètre, avec une exactitude admirable, par Saigey.

fication, au microscope simple. Ce sont deux cercles concentriques en métal, tournant l'un dans l'autre, l'externe gradué et dépassant en hauteur l'interne, et traversés chacun par un fil de coton dans le sens du diamètre. Cet appareil doit pouvoir se fixer en forme de porte-objet dans le cercle (*b* fig. 3 pl. 1), et supporter un porte-objet en verre qui n'en gêne pas les mouvemens.

62*. Plongeur microscopique. — On a souvent besoin, pour l'observer au microscope, de puiser, dans une masse de liquide, un corps qu'on distingue à l'œil nu, à travers les parois d'un bocal. On se sert à cet effet d'un tube en verre, d'un centim. de diamètre intérieur, terminé un peu en cloche par le bout inférieur, et dont les bords soient moussés et lisses. On applique le doigt sur l'ouverture supérieure, et on plonge ainsi l'ouverture inférieure jusqu'à la hauteur du corps, que l'on observe à travers les parois du vase plein d'eau. On soulève et on abaisse rapidement alors le doigt, de manière à ne laisser entrer dans la petite cloche inférieure que la goutte d'eau dans laquelle nage le corps. On retire le tube, et on laisse couler la goutte liquide sur le porte-objet, en retirant tout-à-fait le doigt obturateur.

63*. Pinceaux. — On fait usage de pinceaux pour enlever la poussière qui s'est déposée sur les oculaires; en les essuyant avec un linge, on serait exposé à les rayer par le frottement; car la poussière renferme des fragmens de silice ou de métaux durs. Pour enlever les liquides qui les recouvrent, on emploie le linge le plus fin et le plus vieux, en coton, et non empesé. Les corpuscules susceptibles de rayer le verre restent sans action, en se logeant dans le tissu. On a toujours soin de tenir à côté de soi d'autres chiffons de même nature et très propres, pour essuyer les *porte-objets*. Quand on a fait usage d'un réactif, on plonge la lame de verre dans l'eau avant de l'essuyer, et l'on ne procède jamais à une nouvelle expérience, sans être sûr qu'il n'y reste pas même des traces du réactif précédent.

§ 5. Méthode d'observation au microscope, ou l'art de transporter le laboratoire sur le porte-objet.

64*. Lorsqu'on reporte sa pensée sur la série des travaux qui ont été faits à l'aide du microscope, on ne tarde pas à se convaincre que ce n'est pas faute de connaissances dans les sciences mathématiques, physiques et chimiques, que l'emploi de cet instrument a fourni des résultats dépourvus de précision. Les Nollet, les Baker, les Spallanzani, les Fontana, les Hooke, les Buffon, qui se sont long-temps adonnés à l'étude des êtres microscopiques, n'ont jamais manqué de faire l'application de leurs connaissances à l'usage de cet instrument. Mais une idée fatale qui s'empara des esprits, dès l'époque de l'invention du microscope, n'a cessé de présider aux observations, en dépit de la rectitude du jugement de l'observateur; elle a paralysé les efforts des plus habiles, et a inondé la science de systèmes ridicules, ou de faits erronés. Dès le moment en effet que l'assemblage de deux ou trois lentilles eut permis à l'homme de contempler des molécules inabordables à l'œil nu, son penchant au merveilleux le porta à s'écrier : *Un monde nouveau nous est révélé;* et ce monde lui sembla se régir d'après des lois nouvelles; tout y parut intéressant, mais tout y parut inexplicable; et l'importance du microscope se borna à tenir lieu de fantasmagorie dans les cours publics, et dans le cabinet, d'un simple délassement de travaux assidus. Si quelques auteurs isolés s'en servaient comme d'un instrument de découvertes, leur méthode d'investigation se bornait à voir et à raisonner, à dessiner et à donner l'explication des figures; et comme personne ne devait contrôler leur travail, ils n'avaient pas senti la nécessité de le contrôler eux-mêmes; ils étaient crus ou au moins cités sur parole, et le meilleur observateur était celui qui dessinait le plus, et de la manière la plus agréable. Il est juste de dire cependant que deux ou trois observateurs conçurent la pensée

de soumettre les résultats microscopiques aux règles de raisonnement qui nous dirigent dans nos recherches en grand; quelques succès couronnèrent même cette pensée; mais bientôt fatigués et impatiens des premiers obstacles, ils firent de nouveau abnégation de leurs connaissances acquises et de leur jugement, et ils se replongèrent dans le doute, crainte de tomber dans une absurdité.

65*. Or la portée de nos yeux n'influe pas sur la nature des corps; ce que je vois à une loupe d'un faible grossissement me paraît évidemment identique avec ce que je vois à l'œil nu; raccourcissons le foyer de la loupe, et par conséquent augmentons le grossissement; je verrai beaucoup plus, mais verrai-je différemment? Cette pierre, dont je reconnais les propriétés à l'œil nu, en acquerra-t-elle de diamétralement opposées, quand je l'aurai divisée en fragmens microscopiques? Non. Pourquoi donc n'expliquerai-je pas les phénomènes que m'offriront ses fragmens divisés, par les mêmes lois qui m'expliquaient si bien les phénomènes que m'offrait le bloc intègre! Si le microscope, au lieu de révéler un monde nouveau, ne fait que rendre abordables à l'œil des particules trop ténues, s'il ne nous sert qu'à démêler des mélanges trop divisés, s'il nous permet de pénétrer plus avant dans les organes, rendons cet instrument fécond en découvertes, en soumettant les phénomènes dont il nous rend témoins à toutes les réactions, à toutes les contre-épreuves, dont nous faisons usage dans nos recherches en grand; enfin cherchons dans son emploi non du merveilleux ou des hypothèses ingénieuses, mais des résultats positifs.

66*. Ce fut là la première idée qui vint frapper mon esprit, dès les premiers pas que je fis dans la carrière de l'observation. En voyant le micrographe se contenter de dessiner et de découper des organes, le chimiste de les altérer, de les mélanger ou de les détruire, afin de se ménager le plaisir de les retrouver ou de les recomposer de toutes pièces, il

me sembla voir deux hommes marchant à leur insu, côte à côte, dans deux chemins qui ne se rejoignent jamais; et je résolus de ne plus les suivre, mais de les réunir; de ne plus être tantôt chimiste, tantôt botaniste, tantôt physiologiste, et tantôt physicien, mais d'être tout cela à la fois et dans toutes les circonstances. Il me fallut donc abandonner les procédés connus, et m'en créer de nouveaux; me tracer enfin des règles nouvelles; car j'avais à travailler sur un laboratoire tout nouveau.

67*. L'ouvrage que je publie est, pour ainsi dire, le recueil de toutes ces règles et de leurs applications spéciales; ici je me bornerai à tracer les généralités.

68*. La première règle, ou plutôt le principe fondamental de cette méthode, c'est D'INTERROGER, DANS L'ÉTUDE D'UN CORPS, TOUTES LES LOIS SOUS L'INFLUENCE DESQUELLES CE CORPS S'EST DÉVELOPPÉ ET FONCTIONNE ENCORE.

69*. Quant aux formes, on commence par observer à l'œil nu les organes dans lesquels le corps microscopique se trouve, on les décrit et on les dessine avec la plus scrupuleuse vérité; ce que l'on ne peut atteindre qu'après bien des dissections répétées et des esquisses perdues. Lorsque ces organes sont mous et susceptibles de se déformer, ou de s'appliquer confusément les uns sur les autres, on les dissèque et on les observe plongés dans l'eau limpide ou dans l'alcool. On se sert à cet effet d'un vase en verre à parois très peu élevées, dans le fond duquel est fixée une lame de liége sur laquelle on fixe ou l'on distend, au moyen d'épingles, les portions d'organes qu'on veut isoler, et on laisse s'étaler ou se démêler spontanément les autres, en flottant dans le liquide.

70*. Quand l'étude à l'œil nu est achevée, on soumet à la loupe, dans le même vase, les portions dont l'œil non armé n'a pu aborder les détails. Une loupe suspendue, à la manière des horlogers, suffit pour cette étude. On éclaire l'objet avec un miroir, quand la lumière directe ne suffit

pas. Lebaillif avait fait construire des tables fort commodes pour une opération semblable. Ces tables étaient percées à leur centre, une grande glace non étamée s'appliquait sur l'ouverture, et un miroir placé sous la table était destiné à éclairer les objets; une loupe d'horloger servait à les observer. On pourrait remplacer la glace par un vase de verre à bords très bas.

71*. Les petits détails observés à la loupe et obtenus isolément sont transportés sur le porte-objet du microscope, pour y déterminer leur forme avec la même précision. C'est ici que les illusions se multiplient, d'après l'ancienne méthode, où l'on se contente de voir et de raisonner. Le jeu de la lumière et des ombres est susceptible de présenter les images les plus mensongères; l'objet est en effet un corps qu'on observe pour ainsi dire de loin.

72*. Les objets opaques, on les observe en les éloignant de l'objectif, et en n'employant que la lumière directe des nuages (56*); à l'aide de deux pointes, on tourne l'objet sous toutes ses faces, on le dissèque même quand il est compliqué, et on le dessine, quand on est parvenu à se rendre compte de tous les effets de lumière.

73*. Les objets transparens doivent être vus par réfraction, sous l'influence d'une certaine masse de lumière. Il leur faut d'autant moins de jour, dans certains liquides, que ces objets sont plus transparens.

74*. On les observe d'abord à sec; or, comme ces corps ont une densité différente de celle de l'air ambiant, et que les rayons lumineux sont d'autant plus réfractés que les densités des milieux qu'ils traversent sont différentes, il s'ensuit qu'en entrant successivement dans les corps observés et dans l'air, ils seront fortement déviés de la perpendiculaire, et qu'ils seront renvoyés à droite et à gauche, au lieu d'arriver au foyer du microscope, lequel ne recevra absolument que les rayons qui auront traversé l'axe vertical de l'objet observé (27*). C'est pour cette raison qu'un grain de fécule

observé à sec se présente comme une boule noire qui serait percée d'un trou lumineux dans son centre (pl. 2, fig. 21). Le même effet a lieu, quand au lieu d'observer de la fécule dans l'air, on observe des bulles d'air dans un milieu d'une densité voisine de celle de la fécule, dans l'eau par exemple. Ces petites bulles parfaitement sphériques offrent des cercles concentriques plus opaques les uns que les autres, et un point lumineux au centre (pl. 3, fig. 11 *f*); et quand ces bulles viennent s'agglutiner plusieurs ensemble, alors tous leurs points de contact sont éclairés par la nouvelle réfraction que subissent les rayons, qui se perdaient à droite et à gauche du foyer.

75*. En conséquence la différence de densité d'un corps pourra se reconnaître au microscope, par l'action qu'il exerce sur la marche des rayons lumineux. Soit par exemple le grain de fécule plongé dans l'air : la noirceur de ses contours fera connaître que sa substance a un pouvoir réfringent, et par conséquent une densité bien plus grande que l'air ambiant ; mais ce même grain plongé dans l'eau deviendra tellement transparent (pl. 2, fig. 23), qu'il faudra, au moyen du diaphragme (55*), diminuer l'intensité de la lumière, pour en distinguer les contours. Ces contours s'ombreront davantage, si l'on a soin de dissoudre dans l'eau pure des sels qui en augmentent la densité. Donc la densité de la substance incluse dans les tégumens de fécule diffère peu de celle de l'eau pure. On appliquera la même règle à deux liquides à l'instant où ils ne sont pas encore intimement mêlés entre eux ; leur densité sera différente, quand on verra des stries comme sirupeuses serpenter dans la masse, et finir par s'effacer successivement à mesure que le mélange ou la combinaison devient plus intime. C'est par le même mécanisme qu'on reconnaîtra l'identité du pouvoir réfringent et de la densité du ligneux pur et de la gomme desséchée, en laissant dessécher sur le porte-objet des fibrilles de coton dans la gomme arabique. A l'état sec, tout paraîtra homogène.

76*. Le jeu des ombres servira encore à déterminer les formes des objets ; les surfaces noires sont celles qui dévient les rayons lumineux loin du foyer du microscope ; les surfaces éclairées sont celles qui transmettent au foyer les rayons qui les traversent. Or, comme ces rayons sont tous réfléchis par le miroir inférieur, on s'appliquera, par des moyens graphiques (21*), à déterminer la forme capable de produire, au microscope, de pareilles déviations : c'est par ce moyen qu'on pourra s'assurer des formes cristallines des sels (1349), et qu'on pourra constater que ces pores, que les observateurs modernes avaient figurés sur les membranes végétales, ne sont que des globules nés sur leur surface. Car si c'étaient des pores, en les plongeant dans l'eau, ils paraîtraient noirs à cause de l'air qui s'y serait logé (74*), tandis que c'est tout le contraire. On a soin, quand on veut déterminer la forme d'un objet, de l'observer sous toutes les faces : on le retourne soit à l'aide de la pointe de l'aiguille (75*), soit en le déposant dans un liquide qui s'évapore et par conséquent s'agite rapidement. Une faible quantité d'alcool, dans l'eau, suffit pour faire circuler, sous les yeux de l'observateur, les objets les plus lourds.

77*. Pour déterminer la couleur des corps observés au microscope, il faudra tenir compte et de la décomposition des rayons lumineux par les lentilles non achromatiques (41*), ainsi que par la substance même de l'objet. Car il est des objets, tels que certaines substances animales oléagineuses, qui ne laissent parvenir à l'œil de l'observateur que les rayons les moins *réfrangibles* et surtout le jaune. Pour s'assurer que cette coloration n'est nullement naturelle à l'objet, on l'observe par réflection et sur un fond opaque (56*). La décomposition des rayons lumineux est telle au microscope solaire[1], même achromatique, que les bords de

(1) Le microscope solaire est construit de façon qu'il grossit d'autant plus qu'on éloigne davantage l'image du foyer (38*) ; mais les grossissemens illimités qu'il procure finissent par devenir illusoires, car la netteté de l'image est en raison inverse du grossissement.

l'image sont toujours colorés en bleu et en jaune. Il en est de même, quand, au microscope ordinaire, on se sert, pour éclairer l'objet par réfraction, de la lumière solaire.

78*. La forme et la différence de la densité, par rapport à diverses autres substances, étant constatée, on procède à l'étude des réactions chimiques.

79*. On tâchera d'obtenir, par les procédés en grand, la substance à l'état de la plus grande pureté possible. Le problème se trouvera, de cette manière, réduit à sa plus simple expression. Si ce résultat n'est pas réalisable, on cherchera à s'assurer, par les procédés en grand, de la nature des élémens du mélange; ce qui fournira quelques données aux recherches microscopiques.

80*. On constatera ensuite les résultats de l'action des réactifs sur le corps à observer, et cela en recourant à la voie humide et ensuite à la dessiccation; on dessinera les nouvelles formes qui résulteront de cette réaction, et on mesurera les angles des formes cristallines, dont on cherchera à constater la nature par de nouvelles réactions, par une nouvelle contre-épreuve. Quand ces essais auront fourni des indications qui paraîtront avoir quelque importance, on cherchera à en reproduire les résultats de toutes pièces, en combinant ensemble les substances isolées que nous possédons dans nos cabinets. Si l'analogie des résultats des deux séries d'expériences ne s'accordait pas entièrement, on s'occuperait de rechercher si la différence ne proviendrait pas de l'action perturbatrice d'une substance étrangère mélangée à la substance qu'on se propose d'étudier. On reproduirait alors un mélange, une à une, deux à deux, de toutes les substances dont l'analogie et les premiers essais semblent déceler la présence dans le corps à examiner. C'est par de semblables méthodes d'investigation que j'ai reproduit, sur le tartrate de potasse, les formes cristallines que ce sel affecte dans le vin (1421).

81*. L'action d'une haute température est le réactif le plus puissant, pour distinguer les substances organiques et inor-

ganiques. On se servira, pour soumettre le corps au feu, de lames de verre très minces et par conséquent moins cassantes; on les approchera du feu, et on les en retirera avec assez de précaution, pour ne les faire pas passer trop subitement du froid au chaud et *vice versa*. On déterminera avant et après la forme de l'objet et ses réactions chimiques (80*).

82*. Quant aux mouvemens que décrivent très souvent les corps observés, il faut tenir compte des mouvemens imprimés au liquide dans lequel on les a plongés, soit par l'agitation de l'air, soit par l'évaporation du liquide, soit par les mains de l'observateur, soit enfin par l'imbibition du corps; un corps qui s'imbibe du liquide qu'il surnage doit nécessairement se mouvoir, comme le ferait une barque armée d'une pompe aspirante en fonction. La section de physiologie de l'Institut, et Rob. Brown ont été dernièrement dupes d'illusions semblables, sur lesquelles il serait inutile de nous appesantir, depuis qu'un rapport académique est venu en faire une rétractation solennelle (377).

83*. On peut encore constater la densité d'un corps, par rapport à un liquide, au microscope, en le projetant dans celui-ci; il restera au fond ou reviendra à la surface; et, dans ce dernier cas, il sera transparent ou fortement ombré. Ce dernier caractère est le signe qu'il ne se mouille en aucune manière de liquide, qu'en conséquence il ne touche presque au liquide que par un point, et qu'il est observé dans l'air, comme s'il reposait sans intermédiaire sur la lame de verre (74*). Mais il faut observer que certains corps avides du liquide ambiant restent quelque temps à sa surface, parce qu'ils ne se mouillent et ne s'imbibent que lentement; à la fin on les voit se précipiter au fond de la goutte d'eau. On ne doit donc pas se hâter de prononcer; et l'on fera bien, pour accélérer l'imbibition, d'agiter le liquide avec la pointe microscopique.

84*. Enfin se rendre raison de toutes les circonstances,

invoquer l'analogie pour tracer la marche de l'expérience, reproduire en grand et en petit les réactions dont on a été témoin au microscope, décrire et dessiner tout ce qu'on a l'occasion d'observer, alors même qu'on ne peut pas encore trouver la théorie du phénomène, enfin n'adopter une démonstration qu'après que la dernière contre-épreuve est venue lui imprimer le caractère de l'évidence; voilà pour le travail de l'esprit, c'est-à-dire pour la méthode.

85*. Quant au travail manuel, à la manipulation, aux procédés d'observation, l'exercice et l'habitude en apprennent beaucoup plus à cet égard que les règles les plus détaillées. Au microscope composé, il est nécessaire, dans la dissection et la manipulation, de se familiariser avec le renversement des images, et d'accoutumer la main gauche à toucher les objets que l'œil voit à droite, et la main droite à toucher ceux que l'œil voit à gauche. Quoique l'emploi du microscope composé ne soit pas indispensable, il faut avouer, pourtant, que pour disséquer et manipuler, il offre une grande supériorité sur le microscope simple, à cause de la distance du porte-objet qui sert de laboratoire, par rapport à l'œil de l'observateur; les mains, en effet, opèrent, par ce moyen, comme dans les expériences en grand.

86*. Les observations microscopiques fatiguent la vue et la poitrine. L'œil finit par s'habituer à un travail assidu; mais l'impatience d'observer suspendant ou ralentissant la respiration déjà gênée par la position du corps, il arrive une époque où l'observateur est exposé à payer bien cher l'excès de ce genre de travail. On doit donc éviter les positions fatigantes, et avoir soin de tenir son microscope à une hauteur telle que le corps ne soit pas obligé de se courber. Les tables à crémaillères, telles que les *tables à la Tronsin*, sont d'excellens meubles pour ce travail; on peut aussi placer le microscope de manière que l'œil puisse apercevoir distinctement à la fois et l'image grossie et le calque qu'on en fait sur le papier. Je dis le calque; car survient un moment

où, par une illusion heureuse, l'image microscopique semble tellement se superposer au papier, que l'on en peut tracer les contours au crayon aussi exactement qu'on le fait en calquant à la vitre.

87*. Avec le secours d'un microscope achromatique, on peut observer et dessiner aussi bien à la lampe qu'au jour.

88*. Nous venons d'exposer les règles les plus générales pour diriger la méthode et la manipulation : j'ai décrit les instrumens indispensables à l'observation. C'est à l'intelligence de l'observateur à varier le mode d'application selon la nature des circonstances. N'oublions pas ce mot piquant de Franklin : *Celui-là est indigne du nom de physicien, qui ne sait pas scier avec une vrille et faire un trou avec une scie.*

CHAPITRE SECOND.

ANALYSE PAR LES PROCÉDÉS EN GRAND.

89*. Nous serions bien peu conséquens avec les principes sur lesquels repose cet ouvrage, si, en introduisant le microscope dans l'étude chimique des corps organisés, nous cherchions à en bannir les ressources de l'analyse en grand : ce serait vouloir bannir du témoignage des sens, et l'odorat, et le tact, et l'ouïe ; car le microscope ne grossit rien pour eux. Ce n'est donc pas contre l'utilité des procédés en grand que nous aurons à nous élever dans le cours de cet ouvrage; ce n'est que contre l'abus que la chimie en a fait.

90*. Je distinguerai deux classes de procédés en grand : La *voie humide* et la *voie ignée*.

§ 1. Procédés par la voie humide.

91*. Le but de ces procédés est d'isoler, en la dissolvant dans un menstrue, c'est-à-dire dans un liquide, une sub-

stance mêlée à une ou plusieurs autres que ce menstrue n'attaque pas.

92*. Les principaux menstrues dont on fait usage en chimie organique sont : 1° l'eau pure, (c'est-à-dire l'eau dépouillée de sels, telle que l'eau de pluie, de neige, de glace, ou l'eau distillée), pour s'emparer de la gomme (650), de certaines matières colorantes (1224), des acides végétaux (1166); 2° l'alcool et l'éther ou l'huile de pétrole et de térébenthine, etc., pour s'emparer des résines (1126), des graisses (927), des huiles grasses ou volatiles (1108), des alcalis végétaux (1261), et de certaines matières colorantes (1221); 3° les acides soit végétaux, soit minéraux, pour dissoudre des bases insolubles et terreuses (1387), ou quelques substances organiques (1228).

93*. Les doubles décompositions et les précipitations de substances ne peuvent s'obtenir que par cette voie.

94*. La dissolution de la substance qu'on désire isoler a lieu soit par *macération*, c'est-à-dire par un séjour plus ou moins prolongé dans l'eau à la température ordinaire, soit par *digestion*, c'est-à-dire par un séjour plus ou moins prolongé dans un autre menstrue ou dans l'eau à une température plus élevée, soit par *décoction*, c'est-à-dire par un séjour plus ou moins prolongé dans le liquide bouillant.

95*. On isole ensuite la substance de son menstrue, soit par *évaporation spontanée*, soit par *réduction*, soit par *distillation*. On laisse évaporer spontanément le menstrue, quand la substance est susceptible de s'altérer ou de se volatiliser par la chaleur. On emploie la réduction par la chaleur, quand le menstrue est trop lent à s'évaporer, et la *distillation*, quand on veut ne rien perdre du menstrue, ou même quand on veut isoler une substance volatile d'une substance fixe.

96*. L'évaporation spontanée et par réduction s'opère dans des vases en verre ou en porcelaine très évasés ; lorsqu'on désire isoler une substance de l'eau qui la dissout par

évaporation spontanée, on la place dans le vide du récipient de la machine pneumatique, à côté d'un vase renfermant une quantité d'acide sulfurique suffisante pour absorber les vapeurs aqueuses qui se dégagent; on conçoit que l'acide finirait par déborder, si la quantité était trop grande par rapport à la capacité du vase. Le chlorure de chaux remplit ce but avec un égal avantage, ainsi que la chaux éteinte et la potasse caustique.

97*. Pour la *macération* et la *digestion*, on emploie des vases qu'on bouche plus ou moins hermétiquement, selon que le menstrue est plus ou moins susceptible de s'évaporer; et pour l'ébullition, on emploie les appareils de la distillation, quand on ne veut rien perdre du menstrue.

98*. La *distillation humide*, pour les besoins du laboratoire, n'exige pas des appareils très compliqués : une cornue en verre à une tubulure par laquelle on introduit la substance à examiner, et qu'on ferme ensuite par un bouchon en verre corrodé à l'émeri, une allonge en verre qui reçoive par sa grande ouverture le col de la cornue, et éloigne par conséquent du fourneau le récipient en verre, c'est-à-dire le ballon à deux tubulures, dont l'une donne entrée à la petite ouverture de l'allonge, et dont l'autre est destinée à recevoir un tube de verre, par où s'échappent les gaz et les vapeurs non condensées [1]; afin de tenir le récipient à une température basse et constante, on le plonge à demi dans l'eau qu'on renouvelle de temps à autre, ou bien on l'entoure de glace, ou bien enfin on laisse couler sur sa surface un jet d'eau continu. La chaleur appliquée à la base de la cornue en verre réduit le liquide en vapeurs, qui passent par le col et l'allonge, pour aller se refroidir et se condenser dans le récipient. On peut reprendre celles qui ne s'y condensent pas, en recourbant le tube de verre qui s'enfonce dans le récipient, et faisant parvenir son extrémité dans un autre récipient.

(1) On peut se procurer des cornues et des récipiens de très petites dimensions.

99*. Afin que la cornue de verre ne casse point, on a soin de l'échauffer graduellement; à cet effet on a des charbons tout allumés dans un réchaud, et on les place un à un dans le fourneau sur lequel est disposée la cornue en verre, jusqu'à ce qu'on obtienne le degré de chaleur indiqué par la nature de l'expérience. On se garde bien de jeter jamais dans le fourneau du charbon non allumé, qui abaisserait subitement la température, et, en s'enflammant ensuite, l'élèverait tout à coup. Enfin, en règle générale, on ne fait jamais passer subitement le verre d'une température basse à une température élevée, et *vice versâ*.

100*. Tant qu'on ne cherche pas à obtenir des produits considérables, et qu'on n'a l'intention que de procéder à des essais, on n'a besoin que de très petits appareils; les essais en sont moins dispendieux et moins embarrassans : des verres de montre servent de vases évaporatoires; des tubes de verre fermés par un bout à la lampe servent aux décoctions, aux autres réactions, et même aux distillations, en y adaptant, au moyen d'un bouchon de liége, un tube de verre recourbé; enfin une simple chandelle tient lieu de fourneau.

101*. Ces essais en grand seraient capables d'induire en erreur, si l'observation microscopique et l'analogie ne venaient point en expliquer les résultats ou en diriger la marche. C'est par la réunion de ces trois moyens d'investigations qu'on peut reconnaître, dans un organe, la place qu'y occupait la substance dont un menstrue l'a dépouillée (382), et qu'on peut démêler les divers élémens d'un mélange qui simule une substance immédiate. Car nous aurons souvent l'occasion de faire observer, dans le cours de cet ouvrage (1055) que les substances les plus insolubles peuvent, en se mélangeant, se dissoudre dans un menstrue et prendre ainsi des caractères mensongers, et que c'est là l'origine de toutes ces substances pseudonymes qui encombrent de jour en jour les catalogues de chimie organique.

102*. L'attention du chimiste philosophe doit se porter aussi

sur trois causes fécondes d'erreurs et de créations anomales, je veux dire la décomposition spontanée (1434), l'altération par la chaleur (997), et l'altération par l'action des réactifs (300). Il est certaines substances qui s'altèrent ou se décomposent spontanément par une exposition de quelques minutes à une certaine température, et offrent alors certains phénomènes ou fournissent certains produits d'une création toute nouvelle. Il ne faut pas certainement négliger l'étude de ces réactions, mais il ne faut pas commettre des anachronismes. Les différences qu'on remarque dans les diverses analyses d'une même substance ne viennent le plus souvent que d'une négligence de cette espèce.

§ 2. Analyse par la voie sèche.

103*. L'expérience démontre que toute substance organique végétale ou animale, soumise à l'action d'une chaleur élevée, finit par se réduire en vapeurs aqueuses et en gaz d'un côté, et en cendres de l'autre; deux sortes de produits qui appartiennent au règne inorganique.

104*. Les produits gazeux diffèrent selon qu'on les obtient par la distillation sèche (102*) ou par la combustion complète.

105*. La *distillation sèche* s'opère comme la *distillation humide*, mais avec la différence que la substance ne se trouve ni plongée, ni dissoute dans un menstrue liquide.

106*. Ces produits consistent en eau, en combinaisons gazeuses ou liquides et volatiles, du carbone avec ou l'eau, ou l'oxigène ou l'hydrogène, ou l'azote, en combinaisons quaternaires d'azote, d'oxigène, d'hydrogène, de carbone; il reste, dans la cornue, un charbon plus ou moins volumineux, qui est un mélange des cendres et du carbone qui n'a pu se volatiliser, en se combinant avec l'un ou l'autre des autres gaz.

107*. Lorsque la substance distillée est un tissu élastique, susceptible d'emprisonner fortement les gaz qui se dégagent dans son sein (274), on remarque que le charbon qui reste est très poreux et très léger; car il provient d'une substance

qui, par la tension des gaz qui s'échappent, s'est fortement boursoufflée. Quand au contraire le tissu soumis à la distillation est rigide, traversé dans tous les sens par des canaux vasculaires, comme l'est le bois, on dirait alors que la forme de la substance est restée invariable, et que le bois n'a fait que noircir.

108*. Cette différence dans la contexture du tissu influe sur la différence des produits de la distillation; et, comme si la compression exercée par les mailles des premiers suffisait pour condenser et combiner les gaz avec plus d'intensité que les pores ouverts des seconds, on ne manque pas d'observer que les produits des substances glutineuses (274) sont plus empyreumatiques (239), plus ammoniacaux que les produits de la distillation des tissus rigides et ligneux (156).

109*. Au reste, comme on le voit, tous les produits gazeux se réduisent à des combinaisons d'oxigène, de carbone, d'hydrogène et d'azote, dont on détermine les proportions au moyen de l'analyse élémentaire.

110*. L'*analyse élémentaire* d'une substance organique s'opère en brûlant, par l'oxigène, tout le carbone de la substance, et le recueillant sous forme de gaz acide carbonique. Or, comme l'oxigène de la substance organique même la plus oxigénée ne suffirait pas à cette combustion, on se sert, pour compléter la combustion, d'un oxide ou d'un sel qui abandonne facilement son oxigène à une température élevée; on mêle, on pétrit la substance organique réduite en poudre, avec cette matière inorganique, on la dépose dans un tube de verre d'un demi-pouce de diamètre intérieur, et long de huit à douze pouces, fermé par un bout à la lampe et communiquant par l'autre à un tube recourbé dont l'extrémité plonge sous le mercure; on chauffe jusqu'au rouge le premier, en commençant par l'extrémité ouverte, et arrivant graduellement, et à l'aide d'un écran, jusqu'à l'extrémité fermée; on recueille les gaz sur le mercure au moyen de flacons ou de cloches exactement gra-

dués. Quand la combustion est terminée, on s'occupe de peser et de mesurer les produits, et, par la combinaison de ces deux élémens du calcul, on parvient à déterminer en poids et en volume les proportions des gaz qui entraient dans la composition de la substance organique.

111*. On a fait successivement usage de divers procédés pour soumettre les substances organiques à l'analyse élémentaire; Lavoisier les brûlait dans des cloches remplies d'oxigène, procédé qu'a modifié Th. de Saussure; Abildgaard les distillait avec de l'acide sulfurique et du tritoxide de manganèse; Gay-Lussac et Thénard employèrent ensuite le *chlorate de potasse* mélangé en boulettes avec la substance qu'ils chauffaient jusqu'au rouge, dans le tube de verre dont nous avons parlé déjà. Ce procédé a présenté des inconvéniens graves et qui pouvaient devenir tout autant de sources d'erreurs; d'un autre côté, il ne pouvait convenir à l'analyse des substances azotées, parce qu'il se forme de l'acide nitrique quand l'oxigène dégagé est en excès, et que la combustion est incomplète, quand l'oxigène se trouve seulement dans les proportions voulues pour brûler le carbone et transformer l'hydrogène en eau.

112*. Gay-Lussac et Thénard ont les premiers remplacé le chlorate de potasse par l'oxide de cuivre; et depuis, les chimistes ont tous adopté ce corps oxidant, dans l'analyse des substances azotées ou non azotées. On obtient l'oxide de cuivre en le précipitant par la potasse du sulfate de cuivre, et le calcinant pour le dépouiller et de l'eau hygrométrique et des légères traces d'acide sulfurique qu'il pourrait contenir. Comme le deutoxide de cuivre a une grande tendance à s'emparer de l'humidité de l'atmosphère, on le pèse pendant qu'il est encore chaud, et on le mêle avec la substance organique dans un mortier chaud; on place ensuite le tube qui contient le mélange dans le vide, et on n'y fait parvenir l'air qu'à travers du chlorure de chaux : en répétant cette opération à plusieurs reprises,

on parvient à dépouiller entièrement la masse de toutes les traces d'eau hygroscopique qu'elle pourrait encore conserver. Pour empêcher que le mélange trop tassé ne soit soulevé et lancé avec explosion par le dégagement du gaz, on a soin de faire circuler, à travers la masse, un petit fil de cuivre qu'on a fait préalablement chauffer au rouge, et auquel on ne touche plus avec les doigts. Cette opération terminée, on effile à la lampe et l'on coude le tube à combustion, au-dessus de la couche d'oxide de cuivre dont on a recouvert le mélange, et qui doit avoir au moins un pouce et demi de longueur. L'extrémité effilée du tube à combustion s'adapte, au moyen d'un tube de caoutchouc, dans un très petit ballon, qui, au côté opposé, se trouve terminé par une ouverture tubulée et très mince, laquelle s'adapte à son tour par le même procédé dans un tube rempli de chlorure de chaux, à l'extrémité duquel s'ajoute un tube capillaire, par où les gaz se rendent dégagés de toute humidité sous une cloche de mercure; l'eau qui se forme s'étant condensée dans le petit ballon ou ayant été absorbée par le chlorure. La quantité de matière organique ne doit pas dépasser un demi-gramme, et on a soin de placer au fond du tube un demi-gramme de chlorate de potasse [1] fondu avec 4 fois son poids d'oxide de cuivre. Le poids de la substance organique et celui de l'oxide de cuivre et du chlorate de potasse étant connus, il est évident qu'après l'opération il sera facile de calculer avec exactitude les proportions des produits provenant de la combustion. On trouvera que le poids de la substance restée dans le tube est diminué; si la différence représente plus que le poids de la substance organique éliminée, on en conclura que l'oxide de cuivre s'est dépouillé d'une portion de son oxigène, que l'on doit retrouver dans

(1) Le fil de cuivre sert en outre à décomposer l'acide nitrique qui se forme par la combinaison de l'azote. Le chlorate de potasse sert, par le dégagement de son oxigène, à chasser du tube tous les gaz provenant de la combustion, qui se rendent ainsi, en toute proportion, sous le mercure.

à l'œil nu. Dans cette hypothèse, on conçoit que la simplicité des résultats de l'analyse élémentaire ne ferait que compliquer la question, au lieu de la résoudre; car les élémens gazeux de ces sels et de ces organes iraient se réunir aux élémens gazeux de la substance principale. L'ammoniaque, par exemple, est décomposée par la chaleur rouge, surtout quand elle est en contact avec le cuivre ou le fer; si donc une substance non azotée soumise à l'analyse renferme un sel ammoniacal, elle prendra le nom de substance azotée, et l'acide du sel, ou bien sera décomposé à son tour s'il est organique, ou bien, s'il est inorganique, il se reportera sur les bases terreuses que renferme la substance analysée, et sur l'oxide de cuivre. Or l'analyse élémentaire ne s'est jamais occupée que de peser et non d'examiner ces résidus. Les carbonates qui peuvent se trouver encore dans la substance organique fourniront de leur côté, à l'illusion analytique, leurs proportions d'acide carbonique, à l'insu du chimiste le plus consciencieux.

117*. Cette supposition deviendra une réalité dans le cours de cet ouvrage (439); car nous aurons l'occasion de démontrer l'existence, dans certaines substances dites *azotées* ou *animales*, des sels ammoniacaux dont pourtant la chimie analytique n'en a tenu aucun compte.

118*. Nous ne saurions donc trop souvent remettre sous les yeux de nos lecteurs la règle générale qui est l'ame de notre système : *L'étude isolée d'une propriété, l'étude d'un corps sous une seule face, avec quelque habileté et quelque conscience qu'on y procède, ne peut jamais conduire qu'à de fausses inductions.*

§ 3. Incinération.

119*. S'il est vrai que l'analyse élémentaire soit loin de représenter la composition de la substance organique, il n'est pas moins vrai de dire que l'incinération ne représente plus ni le nombre ni la nature des combinaisons terreuses qui lui étaient associées dans l'organisation. Les carbonates en gé-

néral s'y sont formés de toutes pièces, très souvent aux dépens des acides organiques; les hydrochlorates ammoniacaux et autres, les nitrates, certains sulfates ont été entièrement décomposés, ainsi que les acides végétaux, par les doubles décompositions; de nouveaux sels se sont formés. Ainsi l'incinération ne peut nous servir qu'à constater quelquefois d'une manière plus facile l'existence de certaines bases et de certains acides dans une substance organisée; mais c'est à une autre série de travaux qu'on doit recourir, pour reconnaître et la nature de leurs combinaisons et l'existence des autres sels décomposables par la chaleur.

120*. L'incinération présente un phénomène dont il faut se rendre compte. On remarque des substances qui, à une certaine époque de la combustion, restent à l'état de charbon spongieux et ne se brûlent plus, quelque soin qu'on prenne d'activer le courant d'air atmosphérique; si on les plonge dans l'eau et qu'on les soumette de nouveau à la combustion, le charbon s'oxigène, et son volume se réduit. En répétant alternativement ces deux opérations, on arrive enfin à incinérer la substance. La cause de ce phénomène provient de la décomposition du phosphate d'ammoniaque en acide phosphorique qui, recouvrant les couches charbonnées d'une couche fixe, les soustrait à l'action de l'oxigène, et les conserverait indéfiniment dans cet état. D'autres combinaisons indécomposables et insolubles sont dans le cas de produire un effet analogue; on pulvérise alors la substance et on la soumet de nouveau à la combustion.

121*. Dans les expériences délicates, on se sert, pour incinérer, de vases, creusets ou cuillers de platine, de plus ou moins petites dimensions.

122*. Il ne faut pas perdre de vue que le courant d'air, qu'on fait parvenir sur la masse en ignition, est capable de disperser la cendre qui s'est déjà formée; pour parer à cet inconvénient, il vaut mieux retirer du feu de temps en temps la masse incinérée, la triturer au contact de l'air, lorsqu'elle

est encore incandescente, et renouveler cette opération jusqu'à ce qu'il ne reste plus de trace trop appréciable de charbon.

CHAPITRE TROISIÈME.

EXPOSITION DE LA THÉORIE SUR LAQUELLE REPOSE CET OUVRAGE.

§ 1. Théorie[1] atomistique des corps organiques.

123*. Les résultats de l'analyse élémentaire ont conduit les chimistes modernes à l'idée d'appliquer la théorie atomistique aux substances organisées; mais l'application a trahi leurs espérances; les règles fournies par l'étude des proportions chimiques ne rencontrent presque, dans le règne de l'organisation, que des exceptions et des espèces de démentis, et tous les efforts des chimistes à cet égard se résolvent en jeux d'esprit qui supposent de grandes connaissances, mais qui n'en restent pas moins impuissans.

124*. Et certes, si le corps organique pouvait être représenté par les formules qui conviennent aux corps inorganiques, il n'existerait qu'une seule chimie, et non une chimie organique et une chimie inorganique; cette force que nous nommons *force vitale*, nous pourrions la reproduire, comme

(1) La *théorie* est une formule générale susceptible de s'appliquer, avec le moins d'exceptions possible, à tous les faits d'un certain ordre constatés par l'expérience; c'est une manière de concevoir les rapports des phénomènes entre eux, leur filiation ou leur analogie; c'est l'expression réelle ou hypothétique d'une loi, dont on reconnaît l'existence, quoique souvent on ne puisse pas en préciser les élémens. La théorie n'est donc pas invariable; et la meilleure n'est pas celle qui ne doit plus se modifier, mais bien celle qui suffit à nos connaissances actuelles; on a des exemples de deux théories qui expliquaient avec un égal bonheur un certain ordre de phénomènes. Cependant il est bon d'observer qu'une théorie a toujours quelque chose de vrai; qu'en conséquence, malgré sa forme hypothétique, elle peut servir de guide utile dans la carrière de l'observation,

nous reproduisons une cristallisation et une combinaison; ou enfin nous saurions ce qui nous manque pour la reproduire; or combien nous sommes encore éloignés de ce resultat!

125*. La molécule organique résulte à la vérité d'une combinaison chimique d'élémens inorganiques connus; mais cette sorte de combinaison est telle qu'à elle seule elle donne naissance à une nouvelle classe de phénomènes, et constitue un règne à part. Ce n'est donc pas dans le règne inorganique qu'on doit aller chercher les bases de la théorie chimique des êtres organisés, mais bien dans l'organisation elle-même.

§ 2. Théorie chimique de l'organisation.

126*. Dans le courant de cet ouvrage, nous aurons plus d'une fois l'occasion d'établir que le type de l'être organisé peut se réduire, dans sa plus simple expression, à une vésicule imperforée, douée de la propriété d'élaborer, au profit de son développement indéfini, les substances gazeuses et liquides qu'elle attire dans son sein, par aspiration, et de rejeter, par expiration, ceux des élémens décomposés qui ne peuvent servir à l'assimilation.

127*. L'analogie, obtenue par une démonstration rigoureuse, nous conduira à établir que la paroi de cette vésicule est elle-même formée de vésicules agglutinées côte à côte, qui peuvent aussi être supposées composées d'autres vésicules, et ainsi de suite jusqu'à cet infini qu'on est forcé d'admettre partout, quoique le calcul ne puisse jamais l'atteindre.

128*. Mais cette vésicule organisée, dépouillée de toutes les substances étrangères, et réduite à ses parois (750, 441), n'offre à l'analyse qu'une association intime d'eau, de carbone et de sels soit terreux, soit ammoniacaux.

129*. Or, de même que de la forme réelle et visible des cristaux on arrive, par analogie, à la forme idéale de la molécule chimique qui les constitue, de même, et en vertu de

la même opération d'esprit, nous pouvons conclure que la combinaison d'eau, de carbone et d'une base, forme une molécule organique, qui cristallise en une vésicule, dont les propriétés diffèrent de celles qu'on remarque dans toutes les combinaisons des corps inorganiques et à cristallisation anguleuse.

130*. La combinaison de la molécule organique avec les bases terreuses, et celle de l'eau avec le carbone, se faisant successivement, en sorte qu'avec l'âge la proportion de la base augmente et la proportion d'eau diminue (129), il s'ensuit qu'il y aurait absurdité à vouloir constater la capacité de saturation de la molécule organique, capacité qui est, pour ainsi dire, indéfinie, comme l'accroissement des tissus.

131*. Voilà donc l'eau, le carbone et les bases devenues, par leur cristallisation vésiculaire, si je puis m'exprimer ainsi, un centre de vitalité, un laboratoire où vont s'organiser de nouvelles quantités de gaz, en s'associant et se condensant successivement. Mais l'idée seule de succession et de développement nous amène à conclure que, si on examine les produits à une certaine époque, on les trouvera chimiquement plus ou moins hétérogènes, et plus ou moins mélangés. Dans les uns, le carbone et l'eau combinés entre eux ne seront pas encore combinés avec les bases ; tout au plus seront-ils mélangés avec celles-ci ; ce sera alors de la gomme (652) ; dans les autres le carbone ne sera encore associé qu'à l'hydrogène et tout au plus à une faible quantité d'eau ; il faudra, pour que cette combinaison prenne les caractères d'une substance propre à l'organisation, qu'une nouvelle quantité d'oxigène aspirée par la *cellule laboratoire* vienne transformer en eau toute la quantité d'hydrogène associée au carbone ; c'était avant une huile, une résine (132) ; enfin l'acide carbonique absorbé par la vésicule, au lieu de s'associer à une quantité d'hydrogène convenable pour transformer l'oxigène de l'acide en eau, pourra bien s'associer à une nouvelle quantité d'eau ou à d'autres substances,

même à une quantité de sels insuffisante pour le neutraliser; et alors, acide de nouvelle forme, il servira comme corps brut et inorganisé à l'élaboration, ou à la décomposition des sels dont la présence est nécessaire au développement des tissus.

132*. Vous le voyez, tout se fait ici par gradations à l'infini, et non par proportions invariables; tout ce que vous regardiez comme combinaison n'est plus qu'organisation; vos milliers de caractères génériques ou spécifiques ne sont que des phases diverses d'accroissement. Nous devons donc procéder à cette étude, non plus avec des poids et des volumes, mais pour ainsi dire avec le compas; et la chimie organique, au lieu de se fonder exclusivement sur la loi des proportions chimiques, ne sera féconde en découvertes réelles, qu'en ne perdant jamais de vue la loi de sa cristallisation spéciale, la loi de la vitalité.

§ 3. Loi de la vitalité ou de l'organisation.

133*. Jusqu'à présent il n'a été donné à l'homme de connaître une loi que par un certain nombre de ses phénomènes; c'est parce qu'elle nous échappe dans sa nature et dans la généralité de ses phénomènes, que nous manquons partout d'une théorie complète, qui réduirait, à quelques axiomes, le cadre des sciences, condamnées jusqu'à ce jour à n'enregistrer presque que des faits particuliers. Mais cette loi si incomplètement connue, nous avons contracté l'habitude de la désigner par un mot; et comme ce mot équivaut à l'*x* algébrique, les disputes qui n'ont d'autre objet que de le remplacer ou de l'admettre ne sont que des disputes oiseuses et sans le moindre profit; le tort est toujours du côté de celui qui remplace. Que m'importe que vous remplaciez le nom de *force vitale* par celui de propriété chimique, si vous êtes forcé d'avouer que celle-ci n'a aucun rapport saisissable avec les propriétés chimiques du règne inorganisé? Qui sait si un jour l'expérience ne nous fera pas découvrir, que cette loi n'est autre que l'électricité en mouvement appliquée à un certain ordre de phénomènes? Laissons donc là les recherches gram-

de verre, et plongé dans l'eau? le cœcum s'imbibera d'eau, l'albumine à son tour s'en imbibera aussi; mais ce phénomène ne peut pas avoir lieu sans que l'albumine augmente de volume; et elle ne peut augmenter indéfiniment de volume sans monter dans le tube, et sans refluer au dehors, une fois qu'elle est arrivée à l'extrémité. Si vous placez l'eau dans le cœcum et que vous le plongiez dans l'albumine ou dans la gomme, par la même raison le cœcum se videra.

138*. Que l'on remplisse le cœcum par l'alcool et qu'on le plonge dans l'eau, l'alcool ne passant point à travers les membranes organisées, se saturera peu à peu de l'eau que celles-ci laissent passer, et augmentera de volume; il en serait de même de l'acide sulfurique, si celui-ci n'avait pas la propriété de désorganiser promptement les tissus.

139*. Remplacez maintenant la membrane qui recouvre la grande ouverture de l'entonnoir en verre (136*) par une feuille de grès très mince, remplissez la capacité par de l'huile, et tenez la base de l'appareil plongée dans l'alcool ou dans l'éther. L'huile passant plus difficilement que l'alcool à travers les pores de la feuille de grès, s'imbibera de l'alcool et de l'éther qui y passent facilement, et augmentera de volume dans la capacité de l'appareil.

140*. Enfin, au lieu de gomme dissoute, mettez, dans l'intérieur de l'appareil, de la gomme brute et en grumeaux, celle-ci s'amollira et finira par devenir liquide; remplacez la gomme par de la chaux vive, elle s'éteindra, etc.

141*. En conséquence ce phénomène n'a rien qui diffère des phénomènes d'imbibition; et l'appareil que l'auteur nommait *endosmomètre* n'avait d'autre utilité que de mettre le phénomène connu en évidence, sous forme d'un simple amusement physique. Aussi cette grande loi dont l'Institut avait affecté d'admirer la découverte, fondait pour ainsi dire entre les mains de ceux qui voulaient la raisonner, et entre les mains de l'auteur lui-même; en sorte qu'on la voyait

passer tour à tour, à chaque nouvelle discussion, du cercle des *lois de physique générale*, dans celui des lois de *physiologie animale ou végétale*, etc.

142*. On était, à cette époque, si peu avancé sur l'histoire de l'albumine de l'œuf, que Dutrochet, n'ayant plus d'autre moyen de répondre à nos objections, avança sans contradiction, au sein de l'Institut même, que l'albumine de l'œuf, par elle-même, n'avait aucune affinité pour l'eau; et certes la théorie des chimistes venait à l'appui de son assertion; car les auteurs avaient soin de distinguer l'albumine de l'œuf des albumines solubles [1]. Placez de l'albumine de l'œuf dans une éprouvette en verre, disait Dutrochet, et versez doucement sur elle de l'eau pure, l'eau conservera sa limpidité pendant plusieurs jours et tant que l'albumine ne se putréfiera pas. Cela est quelquefois vrai; mais Dutrochet n'avait pas eu la pensée d'extraire, à l'aide d'une pipette, une goutte de cette eau si limpide, pour la soumettre à l'ébullition; s'il l'eût fait, il se serait convaincu que l'albumine s'y trouvait dissoute en partie, et que la limpidité et le volume de cette eau ne semblaient être restés invariables, que parce que le tissu, qui, par sa pesanteur spécifique, occupe le fond du vase, remplace successivement, par l'eau qui le surmonte, les quantités d'albumine soluble que celle-ci lui soutire.

CHAPITRE QUATRIÈME.

SYSTÈME ET CLASSIFICATION EN GÉNÉRAL.

143*. Classer les objets ou les faits, c'est les disposer dans un ordre capable d'en faire ressortir les rapports mutuels ou

(1) Il fallut un plagiat pour amener les chimistes à changer d'avis. Voyez *Annal. des Sc. d'observation*, tom. III, pag. 302. 1830.

d'aider notre mémoire, quand nous avons besoin de les retrouver. Dans le premier cas, la classification se nomme *naturelle*, et *artificielle* dans le second. Cependant cette distinction est plus tranchée dans l'expression que dans la réalité, et une bonne classification a toujours quelque chose de l'un et de l'autre mérite.

144*. Le système diffère de la classification, comme l'histoire diffère de la chronologie, comme la synthèse diffère de l'analyse, comme le résumé diffère du catalogue, comme l'exposition diffère de la table par ordre de matières. La classification procède par dichotomies, par divisions et subdivisions divergentes; elle dissèque; le système coordonne, c'est un cercle continu, on peut le prendre par tous les points de la circonférence, on est sûr de revenir au point de départ. La classification enfin, c'est l'inventaire des acquisitions de la science; le système est l'expression de la théorie. Aussi le système est faux ou vrai, la classification est bonne ou mauvaise.

145*. La nomenclature est le vocabulaire de l'une et de l'autre.

146*. La science des corps inorganiques a son système; la science des végétaux et des animaux ne possède que des classifications plus ou moins naturelles. La chimie organique ne jouit pas même de ce dernier avantage. Un simple coup d'œil suffira pour nous en convaincre.

147*. On a divisé la chimie organique en chimie végétale et chimie animale; cette distinction excellente pour la physiologie qui s'occupe des fonctions exclusivement, ne peut être, dans l'état actuel de la science qui analyse les molécules, qu'un vague pressentiment sur lequel on ne peut rien fonder de solide; aussi est-on tombé par-là dans l'absurde nécessité de séparer les choses les plus analogues, et de réunir les plus disparates. Quelle différence essentielle établir en effet entre les huiles végétales et les huiles animales, entre les résines végétales et la résine de la bile, entre l'albumine

végétale et l'albumine animale? et quelle définition distinctive peut-on nous donner de la substance animale et de la substance végétale? Dira-t-on encore que celle-là est azotée et que l'autre ne l'est pas? mais le gluten qui est végétal est azoté, et la graisse qui est animale ne l'est pas; du reste, des mélanges ammoniacaux peuvent à l'analyse simuler des substances dites azotées (116*); il faudra donc en venir à dire que l'une est tirée du règne végétal et l'autre du règne animal; mais ce n'est plus la chimie qui nous fournit les élémens de cette distinction, c'est la botanique et la zoologie.

148*. Thénard divise les matières végétales neutres en substances chez lesquelles l'hydrogène et l'oxigène sont dans les proportions nécessaires pour former de l'eau (gomme, sucre, etc.), et en substances chez lesquelles l'hydrogène est en excès. Mais bientôt on le voit placer dans ces dernières les gommes-résines qui participent des deux divisions. Observez encore qu'en se fondant, pour classer les corps, sur les résultats de l'analyse élémentaire, il faudrait séparer les huiles essentielles en deux ordres distincts : les unes privées totalement d'oxigène, et les autres en possédant une quantité notable. Nous voyons, dans les substances animales, des matières liquides, et des matières molles ou solides, et, dans le chapitre des liqueurs des sécrétions, nous trouvons la lymphe, le lait, la liqueur spermatique, la bile qui renferment des matières molles, et aussi molles, quoique plus divisées, que la matière cérébrale. Le sang se trouve dans une section séparée de la lymphe. Les corps gras neutres se trouvent à une distance immense des corps gras acides qui n'en sont qu'une transformation et sans doute qu'un mélange. La fibrine et l'albumine, la matière caséeuse, sont à une égale distance du sang, du mucus animal et du lait. Enfin des chapitres rejetés tantôt à la fin, tantôt au commencement, renferment pêle-mêle tout ce que l'arbitraire n'a pu faire entrer dans un cadre aussi large et aussi complaisant.

149*. Despretz en 1830 a pris une marche toute différente.

Entraîné par l'exemple, il a arrangé la chimie organique en *familles naturelles*, comme Beudant l'avait déjà fait pour les minéraux. On conçoit qu'on distribue les végétaux et les animaux en familles; car là il y a génération, filiation, consanguinité, analogie de races; mais quand il s'agit de molécules brutes et privées de la vie, dont toute l'analogie réside dans les réactions, toutes les idées se heurtent, et les mots hurleraient de se trouver ensemble, si le mot *famille* ne revenait pas exactement à celui de *classe* qu'on employait avant nous. Ainsi ce mode de classification ne diffère que dans les termes, et son air de nouveauté tient absolument à la facilité avec laquelle nous nous payons de mots. Quant au mérite intrinsèque de la classification adoptée par Despretz, il est évident qu'il n'efface pas celui de la classification de Thénard. Des chapitres décorés du nom de famille, mais qu'aucun lien ne vient réunir et coordonner, sont là comme tout autant de pièces de marqueterie, par la seule raison qu'on les y a mises. Quant aux espèces que l'on trouve réunies dans les divers chapitres, l'auteur évidemment ne semble pas s'être beaucoup mis en peine pour en saisir les rapports. Le tannin est à côté du sucre de réglisse; l'urée est à côté de la caséine, de la matière glutineuse de l'indigo; la fibrine bien loin de l'albumine et séparée du sang par les alcalis végétaux; enfin la *cire verte des feuilles*, à 50 pages de la *chlorophylle* qui n'en diffère que par le mot. Il faut avouer que la *fraternité* n'est pas la vertu distinctive de ces sortes de familles.

150*. Berzélius a conservé la distinction de substances végétales et animales, mais sans adopter aucune classification dichotomique ou par familles. Dans la *Chimie végétale*, qui a paru dernièrement en France, on voit, à la suite les uns des autres, les acides végétaux, les alcalis végétaux, l'amidon, les gommes, les sucres, le gluten, les huiles grasses et volatiles, les résines, les extraits, les matières colorantes, et ensuite l'analyse des organes des plantes d'après l'ordre botanique (*racines*, *tiges*, *feuilles*, *fleurs*, *fruits*), le tout ter-

miné par l'exposé des produits de la décomposition des plantes. Ce n'est ni un système, ni une classification, mais une table de matières volumineuse. Au reste, avec l'espèce de dédain que Berzélius professe pour les résultats obtenus par l'alliance de la physiologie à la chimie, le parti que ce savant suédois a pris était le plus sage. Il est à regretter seulement que la rédaction d'aussi vastes matériaux puisés dans une bibliothèque spéciale, que cette rédaction, dis-je, soit un peu rapide et entassée, et que l'auteur, pressé par le temps sans doute, ait été obligé de nous transmettre de longs extraits, au lieu d'analyses substantielles. Du reste ces deux volumes sont un répertoire utile de faits publiés dans le monde savant, mais dans le cercle exclusif de la chimie en grand.

151*. Quelques disciples de l'école française, dans leur pieuse reconnaissance, ne nous passeront pas peut-être la franchise avec laquelle nous jugeons ici ceux qui jugent là-bas, et encore moins la hardiesse peu modeste avec laquelle nous allons parler de nous après eux; nous les plaindrons, sans nous inquiéter de ce scandale. Nous, pauvres moucherons indignes du regard des aigles, nous avons peu de foi en l'infaillibité du génie; nous ne croyons bien qu'en la puissance de la raison; et, comme chacun de nous en a sa dose, nous sommes convaincus que chacun de nous est apte à découvrir; nous apportons donc notre dose de découvertes, et nous la soumettons, non pas à la décision des génies, et encore moins à celle de leurs médiocres mais très célèbres flatteurs, nous la soumettons à l'opinion publique qui, en définitive, les juge eux et nous; or jusqu'à présent nous n'avons pas eu à nous en plaindre.

CHAPITRE CINQUIÈME.

EXPOSITION DU NOUVEAU SYSTÈME.

152*. Puisque toutes les sciences rentrent, comme tout autant de chaînons, dans la grande chaîne de nos connaissances, et que ce serait tenter l'impossible que de vouloir les isoler absolument les unes des autres, le système qui s'approche le plus du vrai et qui représente le mieux la nature, est celui qui semble n'être qu'une transition insensible d'une branche de nos connaissances à une autre. Or le système que je vais exposer me semble réunir cet avantage ; et ce qui me paraît militer encore en sa faveur, c'est qu'il n'est le résultat d'aucune idée *à priori*, mais plutôt la conséquence naturelle de la théorie que la série de mes expériences a créée.

153*. Le but de toutes les réactions organiques de l'être vivant étant le développement des tissus organisés, dont la physiologie cherche à étudier les formes et les fonctions, j'ai commencé mon système par l'exposition des caractères physiques et chimiques des organes ou substances organisées et complexes (1), que la chimie en grand a long-temps pris pour des substances immédiates et simples.

154*. Mais ces substances ne s'organisent que successivement, par des gradations insensibles, et non par combinaisons instantanées, comme cela a lieu dans le règne inorganique ; en sorte qu'on conçoit une époque où elles n'avaient encore qu'une simple tendance à l'organisation. Leur organisation a lieu en s'associant de jour en jour à des bases terreuses (1387). J'ai donc dû les étudier dépouillées de leur organisation et de leurs bases, mais à l'époque où elles sont aptes à se combiner avec celles-ci ; je les désigne sous le nom de *substances organisatrices* (650).

155*. Les *substances organisatrices* sont le produit de l'élaboration que la vésicule organique fait subir aux élémens gazeux oxigène, hydrogène, carbone; car, quant à l'azote, l'analogie m'amène à penser qu'il n'entre que comme base de certains tissus, en s'associant à l'hydrogène et en formant de l'ammoniaque. Mais ces trois gaz, oxigène, hydrogène et carbone, soumis à l'influence graduée de l'élaboration graduée d'un organe, ne s'associent pas tout à coup, dans les proportions voulues pour former la *substance organisatrice*. L'analyse chimique peut donc en surprendre les produits à des époques d'association telles que, sous le rapport de la composition élémentaire et des propriétés physiques, ils sembleront se placer à une distance immense des substances organisatrices. Cependant l'expérience démontre qu'en leur fournissant artificiellement une certaine quantité de gaz qui leur manque, on peut leur rendre en grande partie les caractères de la substance organisatrice; il me paraît donc évident que, dans le laboratoire tout puissant de la nature, cet effet ayant lieu d'une manière plus complète, ces substances si disparates finissent par revêtir tous les caractères des élémens organisateurs de la vésicule. J'appelle ces substances *substances organisantes* (967).

156*. Quant à toutes les autres substances qui ne rentrent dans aucun de ces trois cadres, je les classe dans une division à part, que j'intitule *substances organiques*. On peut les considérer comme les produits naturels et artificiels de la désorganisation des tissus (1240), ou d'une déviation de la combinaison organisatrice (1166). Ces dernières ne sont rien moins que des substances de rebut, et d'inutiles répudiations de l'organisation. Elles servent à saturer les bases, à préparer les doubles décompositions, et à favoriser ainsi l'association des bases terreuses et des substances organisatrices. D'autres sont des erreurs de l'analyse, dont il s'agit de découvrir la véritable nature et la véritable destination. Mais

toutes forment un passage évident de la chimie organique à la chimie inorganique, dont le point de contact incontestable a lieu à la fin du volume, où je traite des bases terreuses soit incrustées sur les tissus, soit combinées en tissus avec la substance organisatrice, soit enfin charriées par la sève et les liquides de la circulation, pour fournir à la double fonction de l'incrustation et de la combinaison organique.

157*. En conséquence, comme je l'ai dit en tête de cet article, par le commencement, ce système tient à la physiologie, et, par la fin, à la chimie inorganique; et l'on passe du commencement à la fin, par des gradations que l'on ne peut isoler qu'à l'aide de l'arbitraire de la classification.

158*. Cependant, comme cet arbitraire est utile à la mémoire, je n'ai pas cru devoir en négliger les ressources. Cet arbitraire se remarque dans les genres; mais l'histoire que j'en donne, les réfutations auxquelles je me livre, sont un antidote suffisant de la distinction. Il fallait un titre à ces chapitres; je n'ai pas cru devoir mieux les désigner que sous le nom adopté, à tort ou à raison, par l'ancienne chimie. Ainsi on trouvera, sous la rubrique *hordéine* intitulée 5ᵉ GENRE, la démonstration que cette substance n'est que du *son* très divisé. Quant aux espèces, je ne les admets que comme des mélanges plus ou moins compliqués, mais dans lesquels le *genre*, sous la rubrique duquel elles se trouvent, entre en plus grande proportion que les autres.

159*. Ainsi que je l'ai fait pressentir plus haut, je n'ai pas certes adopté la distinction d'une chimie végétale et d'une chimie animale (147*); seulement j'ai divisé chaque groupe de substances soit *organisées*, soit *organisatrices*, soit *organisantes*, soit *organiques*, en substances végétales ou tirées du règne végétal, et en substances animales ou substances tirées du règne animal; dénominations qui, bien loin d'im-

pliquer aucun caractère chimique essentiel, se bornent à de simples indications botaniques ou zoologiques, et rentrent dans le cadre des documens de la classification.

160*. Je joins à cet exposé le tableau synoptique du système qui servirait au besoin de table par ordre de matières. Je dois le faire précéder, sinon d'une définition rigoureuse, du moins d'une description suffisante des corps organiques.

EXPOSÉ SUCCINCT DES PRINCIPAUX CARACTÈRES CHIMIQUES ET PHYSIOLOGIQUES DES MATIÈRES ORGANIQUES.

161*. Les matières organiques se décomposent au feu en trois ou quatre élémens gazeux, selon les chimistes, et en trois seulement d'après nous (*oxigène, hydrogène, carbone*), l'azote appartenant à l'ammoniaque qui fait partie des sels dont le plus grand nombre se retrouve dans les cendres. Après leur désorganisation naturelle ou artificielle, et placées dans une atmosphère humide, les matières organiques se décomposent spontanément en différens produits fixes, liquides ou gazeux, dont le nombre et la nature varient à l'infini, selon une foule de circonstances que, dans l'état actuel de la science, il est impossible d'évaluer. Abandonnées aux lois de l'organisation, leurs élémens se combinent, se transforment en produits dont l'analyse peut se rendre compte et qu'elle sait retrouver au besoin. Cette organisation n'a pas lieu dans le vide ou dans l'azote; elle dépérit dans certains gaz délétères; elle ne prospère que dans l'air atmosphérique.

162*. Le froid arrête le développement des êtres organisés, mais il conserve indéfiniment sans altération les substances organiques, ainsi que le démontrent et les mammouths que l'on exhume des glaces du nord, et les cadavres d'Espagnols qu'on a trouvés gisant sans déformation sur le sommet glacé des Cordilières, depuis l'époque de la première conquête du Pérou. Mais on observe que, lorsque le

dégel survient, les corps organisés se putréfient plus vite que ceux qui n'ont pas été soumis à l'influence d'une basse température. En conséquence, nul organe ne végète plus à zéro, quelques-uns même se désorganisent à cette température; et si certains animaux continuent à vivre, et si certains végétaux se conservent, c'est qu'ils sont enveloppés de tégumens naturels ou artificiels qui, mauvais conducteurs de la chaleur, les protégent contre l'action du refroidissement. On cite une seule plante qui germe et se développe sur la neige : c'est l'*uredo nivalis*, simple globule microscopique analogue à celui d'un pollen de petite dimension. Mais les plantes alpines dorment sous la neige qui les abrite pendant l'hiver, et elles se réveillent au printemps.

163*. Peu de plantes et peu d'animaux pourraient résister long-temps à une température de 35° qui, dit-on, est celle de l'Afrique centrale. Cependant on sait que, grace à l'atmosphère humide dont la transpiration entoure le corps, quelques observateurs ont pu entrer impunément et séjourner quelques minutes dans des fours qu'on venait d'échauffer et dans le cratère des volcans.

164*. La dessiccation d'un organe le frappe de mort. Cependant le *rotifère* et le *vibrion* du froment ressuscitent, dès qu'on les humecte d'eau, après les avoir soumis à une complète dessiccation au soleil d'été. Mais pour cela, il faut que cette dessiccation ait lieu d'une manière graduée et sans brusquerie, et en même temps sans qu'à la faveur d'une interruption, il puisse s'établir un commencement de décomposition, ou un déchirement quelconque par suite de l'agglutination des extrémités du corps de l'animal desséché. C'est pourquoi l'on a observe que l'expérience réussit mieux, lorsque le *rotifère* se trouve placé parmi la poussière siliceuse des gouttières, dont les molécules cèdent leur humidité sans retrait et sans déplacement.

165*. Il existe donc une température en-deçà et au-delà de laquelle le carbone, l'oxigène et l'hydrogène ne peuvent

plus être combinés en molécules organiques par la vésicule organisée (134*); mais, entre ces deux limites, chaque espèce vivante des deux règnes semble affecter un degré différent, et leur développement est alors en raison directe de l'élévation de la température, sous le rapport et des dimensions et de la marche de leur accroissement. De là les différences frappantes que l'on remarque entre les plantes et les animaux des climats différens.

166*. Outre le froid et la chaleur, l'organisation trouve encore des obstacles dans la réaction d'un certain nombre de substances inorganiques ou organiques, mais étrangères à ses vésicules. Parmi ces substances, les unes paralysent l'élaboration en arrêtant ou en s'emparant à leur profit des gaz aspirés par la vésicule; elles agissent comme des narcotiques ou des asphyxians. Les autres désorganisent les parois de la vésicule, en s'emparant des élémens de ses parois; elles agissent comme des poisons.

167*. Les animaux absorbent, par la respiration, l'oxigène de l'air qu'ils rendent, par l'expiration, combiné avec le carbone du sang, à l'état de gaz acide carbonique. Les plantes, exposées à l'action solaire, absorbent de l'oxigène et de l'acide carbonique de l'air, qu'elles décomposent, en s'emparant du carbone et exhalant l'oxigène. A l'ombre et pendant la nuit, elles absorbent l'oxigène, qu'elles exhalent combiné avec le carbone. En conséquence elles vicient l'air pour les animaux pendant la nuit, et elles l'améliorent pendant le jour. Une plante qui végète privée des rayons solaires *s'étiole*, c'est-à-dire ne produit point de matière verte, et prend, par tous ses organes, une direction anormale. L'apparition de la matière verte coïncide avec l'aspiration de l'oxigène (1101). La germination réclame l'obscurité, comme la végétation réclame le bienfait de la lumière; et cela est vrai des graines végétales, comme des œufs des animaux.

168*. Il est une certaine classe de végétaux qui ne peuvent se développer que dans la plus profonde obscurité, et qui

ne semblent destinés qu'à la végétation étiolée des racines souterraines; ce sont les champignons. Il est une certaine classe d'animaux qui ne naissent et ne vivent que dans l'ombre; ce sont quelques animaux inférieurs.

169*. Quant aux métamorphoses d'une forme végétale en une forme animale, ou d'une forme végétale en une autre qui n'aurait pas le moindre rapport d'affinité avec elle, les expériences sur lesquelles on a cru devoir baser cette hypothèse n'ont jamais offert le caractère d'exactitude que la science exige; ce ne sont le plus souvent que des rêves d'un auteur préoccupé. Non pas que je nie la possibilité des générations spontanées, et des transformations des corps; mais je suis persuadé que les générations spontanées n'ont lieu que sur les plus bas degrés de l'échelle, et dans des dimensions qui, jusqu'à ce jour, se sont refusées à l'observation; qu'ensuite, par une série infinie de modifications ascendantes, la molécule organisée est susceptible de revêtir successivement et à chaque génération des formes supérieures; mais que ces modifications seraient à peine sensibles au bout d'un certain nombre de siècles, s'il était donné à l'observateur d'assister, sans interruption, au spectacle de ce développement.

170*. Ce qui s'oppose à l'adoption de ces assertions, c'est, sans aucun doute, l'idée que nous nous sommes formée de la graine et de l'œuf; nous leur avons, pour ainsi dire, assigné des formes invariables, un siége invariable, parce que nous nous sommes hâtés de généraliser quelques cas particuliers, sans réfléchir qu'en généralisant quelques autres cas d'une autre espèce, nous serions arrivés à une conclusion contraire.

171*. L'œuf et la graine sont des cellules détachées du tissu de la mère, par suite d'une impulsion de nom contraire. L'impulsion peut venir d'un corps étranger que nous nommons mâle, ou d'un corps interne dont nous négligeons alors de nous occuper. L'œuf et la graine, peuvent, en

revêtant certaines formes et certaines dimensions, fixer plus spécialement notre attention. Mais le lambeau du polype qui devient polype, le fragment de tubercule qui devient pomme de terre, nous apprennent assez que la faculté générative est dans tout le système de l'organisation, et que tout l'être organisé est dans chacune de ses cellules.

172*. Les matières animales de même que les matières végétales ne sont susceptibles d'être distinguées qu'empiriquement, et après que l'œil en a contracté une certaine habitude. Cette différence dans l'aspect et la consistance, ainsi que dans la nature des produits, indique nécessairement une différence dans la composition intime; la science doit se proposer de la découvrir; mais l'ancienne méthode n'a fait, j'ose l'avancer, qu'éloigner le terme de la découverte.

N. B. Voyez, pour l'explication de la nomenclature du tableau synoptique, la page 88*.

FAUTES ESSENTIELLES A CORRIGER.

Pag. 2, lig. 2, les acides, *lisez :* certains acides.

Pag. 172, lig. 35, *d'obs.*, lisez : *naturelles.*

Pag. 177, lig. 16, agglomérées, *lisez :* agglomérées (fig. 8, pl. 5).

Pag. 220, lig. 16, la figure 4, *lisez :* la figure 2.

Pag. 270, lig. 27, (614), *lisez :* (577).

Pag. 272, lig. 2, TISSUS FRANÇAIS, *lisez :* TISSUS PARASITES.

Idem, lig. 30, *strangylus*, lisez : *strongylus.*

Pag. 289, lig. 15, s'était, *lisez :* trouva qu'il s'était.

Pag. 390, lig. 4, Rotifère, *lisez :* Rotifère et le vibrion du froment.

Pag. 411, lig. 12, hicique, *lisez :* hircique.

Pag. 418, lig. 2 du tableau. *Les mots* plus siccative, etc., *se rapportent à* l'huile de noix, et *ceux* sert à l'éclairage, etc., se *rapportent à* l'huile de chenevis.

Pag. 473, lig. 31, à toutes, *lisez :* à la plupart.

Idem, lig. 32, n'a jamais rien vu d'analogue à l'alizarine blanchâtre dont parle Robiquet, *lisez :* n'a pas examiné l'alizarine blanchâtre obtenue par ce chimiste.

Pag. 487, lig. 33, sucrée : *lisez :* saveur sucrée.

TABLEAU SYNOPTIQUE

DU NOUVEAU SYSTÈME DE CHIMIE ORGANIQUE

ÉLÉMENS ORGANIQUES DES TISSUS

- SUBSTANCES ORGANISÉES
  - Substances végétales
  - Substances animales
- SUBSTANCES ORGANISATRICES
  - Substances végétales
  - Substances animales
- SUBSTANCES ORGANISANTES
  - Substances communes aux végétaux et aux animaux
  - Substances spéciales aux végétaux
  - Substances spéciales aux animaux
- SUBSTANCES ORGANIQUES
  - Substances végétales
    - Produits naturels
      - Produits de l'organisation
      - Produits de la désorganisation
    - Produits artificiels
  - Substances animales
    - Produits naturels
      - Produits de l'organisation
      - Produits de la désorganisation
        - Des tissus sous l'influence de la vie
          - normale
          - anormale
        - Des tissus sous l'influence de la chaleur
        - Des tissus sous l'influence de l'[illegible]
    - Produits artificiels

BASES TERREUSES DES TISSUS

- Incrustées sur la surface externe des tissus
- Combinées avec la substance même des tissus
- Dissoutes dans les liquides qui élaborent les tissus
- Isolées ou décomposées par la carbonisation et par l'incinération

Fécule amylacée	page 1
Substance féculoïde	57
Inuline	72
Fécule verte	77
Ligneux	78
Médulline	97
Subérine	98
Ulmine	102
Gluten	119
Légumine	141
Hordéine	146
Pollen	159
Lupuline	174
Tissus adipeux	183
albumineux	194
membraneux	205
musculaire	210
nerveux	217
osseux	231
cornés	239
cellulaires	244
respiratoires	246
embryonnaires	259
parasites	272
spontanés	276
Gomme	279
Sucre	287
Sève	317
Albumine	341
Lait	ibid
Produits de la digestion	355
Sang	360
Lymphe	385
Sperme	386
Graisses et huiles grasses	391
Cire	428
Chlorophylle	433
Huiles essentielles	435
Résines	[illegible]
Gommes résines	448
Bile et picromel	450
Suc pancréatique	453
Salive	[illegible]
Acides végétaux	456
Matières colorantes	471
Matières odorantes	480
Miasmes	482
Esprit pyro-acétique	483
Alcool	484
Éthers	486
Alcalis végétaux	487
Acides	500
Soie	502
Matières colorantes	ibid
Matières odorantes	504
Mucus animal	ibid
Sécrétions	505
Sueur	ibid
Urine	ibid
Urée	506
Acide urique	ibid
Suppuration, pus	507
Cale	508
	511
	ibid
Osmazome	512
Gélatine	ibid
Acide prussique	514
cyanique	ibid
cyaneux	ibid
Cyanogène	ibid
Silice cristallisée	517
Phosphate cristallisé	520
Oxalate cristallisé	522
Autres cristallisations	525
Calculs urinaires	526
Calculs biliaires	527
Pétrifications	ibid
Chaux	529
Fer	530
Ammoniaque, etc.	531
Carbonate de chaux	535
potasse	ibid
soude	ibid
Hydrochlorates terreux	ibid
d'ammoniaque	536
Nitrate d'ammoniaque	537
Tartrate de potasse	ibid
Tartrate de potasse dissous dans l'acide acétique albumineux	538
	541

NOUVEAU SYSTÈME

DE

CHIMIE ORGANIQUE.

PREMIÈRE CLASSE.

ÉLÉMENS DES TISSUS.

Ier GROUPE. — SUBSTANCES ORGANISÉES.

Ire DIVISION. — SUBSTANCES VÉGÉTALES.

PREMIER GENRE.

AMIDON *(fécule amylacée)* [1].

1. L'AMIDON, obtenu à l'état de pureté, est une poudre blanche, crystalline, sans saveur et inodore, craquant sous les doigts, insoluble dans l'eau froide, l'alcool, l'éther, se dissolvant en apparence dans l'eau chaude, formant un *magma* épais avec elle selon les proportions qu'on emploie, et sous cette forme se coagulant par l'alcool; se changeant

(1) Ces deux mots, qui désignent chimiquement une substance identique, prennent une acception différente selon l'usage auquel on destine la substance même. En thérapeutique et en économie domestique, c'est de la *fécule;* dans les arts, c'est de *l'amidon.* Ainsi la fécule de froment, qui sert de poudre à poudrer et de colle pour le papier, le linge, etc., se nomme spécialement *amidon.* La fécule de pomme-de terre, qui sert spécialement à l'alimentation, garde le nom de *fécule.*

en sucre par l'ébullition dans les acides étendus, et en acide malique et oxalique dans l'acide nitrique bouillant, sans donner aucune trace d'acide mucique; enfin jouissant de la propriété de se colorer en bleu par le contact de l'IODE.

2. Sa pesanteur spécifique est de 1,53. Sa composition élémentaire est de :

D'après	hydrogène	carbone,	oxigène,	azote.
Gay-Lussac et Thénard.	6,77.	43,55.	49,68.	
Berzélius[1].	6,67.	44,26.	49,07.	
Saussure.	5,90.	45,39.	48,31.	0,40.
Prout.	5,35.	50,00.	44,65.	

3. Il n'est pas inutile de faire observer que Gay-Lussac et Saussure ont employé dans leurs analyses l'amidon de froment, et Berzélius celui de pomme de terre.

§ 1. Caractères physiques des particules de cette substance en général [2].

4. Examinée au microscope, cette poudre n'offre plus que des grains arrondis, isolés, de forme et de dimensions variables, non-seulement dans les divers végétaux, mais encore dans le même végétal, ainsi qu'on peut s'en faire une idée aussi exacte que possible d'après les figures que j'en ai tracées sur la pl. 2. Ainsi la fécule de *pomme de terre* (fig. 1) offre des grains qui varient de dimensions entre $\frac{1}{300}$ et $\frac{1}{8}$ de millimètre et qui affectent les formes les plus variées, tandis que les plus gros grains de la fécule du *petit millet* dépassent à peine $\frac{1}{300}$ de millim., et n'affectent qu'une seule forme, autant que la faiblesse de nos grossissemens nous permet de nous en assurer.

(1) *Traité de chimie* (trad.), tom. V, pag. 267, 1832; car la première analyse de Berzélius, telle que tous les ouvrages élémentaires la rapportent d'après les *Annales de chimie* diffère sensiblement de la dernière adoptée par l'auteur: hydr. 7,06; Carb. 43,48; oxig. 49,45. (*Annales de chimie*, t. LXXXV.)

(2) *Annales des sciences naturelles*, octobre et novembre 1825.

5. Ces grains grossissent avec l'âge du végétal et de l'organe même qui les recèle. Dans le péricarpe de l'ovaire des *graminées*, avant la fécondation, les grains ne dépassent pas $\frac{1}{50}$ de millimètre, tandis qu'après la fécondation ils croissent dans le périsperme jusqu'à atteindre $\frac{1}{20}$ de millimètre (fig. 12, pl. 2 [1]).

6. Dans certains autres organes ils changent de forme en grossissant; ainsi dans les tubercules d'*iris de Florence* ou *de Germanie* on les trouve, au mois de juin, avec la forme et et les dimensions de la fig. 13. Si on les abandonne à l'ombre, à l'air libre et dans un endroit peu éclairé, on les retrouve, au bout de quinze jours, avec les formes bizarres et la taille de la fig. 14, qu'ils n'atteignent presque qu'en automne, quand on les fait végéter dans la terre.

7. Il est des végétaux dont chaque organe féculent affecte une forme et une grandeur différentes. Dans la graine des *Chara hispida*, la fécule s'offre avec les formes et les dimensions apparentes de la figure 3, et dans les articulations au contraire de la même plante, avec les formes et les dimensions apparentes de la figure 4 [2]. Je reviendrai sur

(1) Avant la fécondation, le péricarpe des céréales est épais et rempli de fécule; après la fécondation, on le voit de jour en jour s'amincir et se dépouiller de sa fécule, au profit du périsperme non féculent qui grossit dans son sein et finit par être le seul organe féculent de la graine. La germination produit sur le périsperme le même effet que la fécondation sur le péricarpe, et le périsperme s'épuise au profit de l'embryon qu'il recélait dans son sein et qui s'échappe au-dehors. Dans l'un et dans l'autre cas, c'est en se transformant en sucre que la fécule profite aux organes qui l'absorbent. (Voyez mon travail sur ce sujet, *Annales des sciences naturelles*, oct. 1825, p. 32.)

(2) La graine des *Chara*, que Lamarck avait prise pour une coquille de céphalopode à l'état fossile, sous le nom de *gyrogonite*, ne doit pas être confondue, comme l'a fait un auteur (*Bull. de la Soc. philom.* 1826), avec les bourgeons jeunes des rameaux. Ceux-ci se rencontrent à l'aisselle des rameaux anciens (*f.* fig. 5, pl. 6), et la graine (ibid. *b*) se trouve sur les rameaux eux-mêmes, à l'aisselle d'une double petite stipule, au-dessus d'une petite sphère rouge qu'on regarde comme l'organe mâle. Les articulations se trouvent en *f.*

toutes ces formes en particulier, après avoir étudié l'organisation du grain de fécule.

§ 2. Phénomènes de réfrangibilité qu'on observe sur le grain de fécule.

8. Les ombres qu'on remarque sur les contours de chaque grain de fécule varient d'après le grossissement et les modifications du microscope dont on fait usage.

9. Si l'on observe un grain de fécule de pomme de terre à sec mais par réfraction, son pouvoir réfringent étant bien différent de celui de l'air ambiant, il s'ensuivra que parmi les rayons par lesquels on cherche à éclairer cette sphère plus ou moins informe, ceux qui tomberont plus ou moins obliquement sur sa surface inférieure seront fortement déviés à leur entrée et à leur sortie, et qu'il n'arrivera presque au foyer du microscope que les rayons qui auront traversé le centre du globule. En conséquence, celui-ci apparaîtra aux yeux de l'observateur comme une boule noire qui serait percée au milieu d'un point blanc arrondi (fig. 21, pl. 2), ou bien comme une perle noire plus ou moins allongée, et percée d'une ouverture lumineuse et elliptique (*ibid.* fig. 22). Une bulle d'air observée dans l'eau (fig. 11, *f'* pl. 3 et fig. 12, *a'* pl. 6) produit la même image que le grain de fécule observé dans l'air, et cela en vertu des mêmes lois de la réfraction.

10. Si l'on place, au contraire, le grain de fécule de pomme de terre (fig. 1, pl. 2) dans l'eau; comme son pouvoir réfringent diffère peu de celui du liquide ambiant, le grain s'offrira alors comme une belle perle de nacre; et si le microscope est aussi fortement éclairé que le sont ordinairement les microscopes simples, la transparence du grain féculent pourra être telle qu'on ne le distinguera plus autrement que par un contour linéaire (fig. 23, pl. 2). Dans cet état chaque grain paraît plus grand, illusion qu'on rectifie en le mesurant.

11. Il est pourtant encore possible de diminuer graduel-

lement la transparence du grain de fécule observé sous l'eau; on n'a qu'à diminuer le diamètre du cône lumineux qu'on réfléchit au moyen du miroir sur la surface inférieure du grain de fécule; et l'on se sert à cet effet d'un diaphragme métallique percé de trous de différens diamètres. On arrivera à diminuer tellement la transparence de l'objet, que le grain de fécule, observé dans l'eau, offrira presque l'aspect du grain de fécule observé dans l'air; ce qui vient de ce qu'à la faveur de ce diaphragme on diminuera le nombre des rayons qui seraient tombés perpendiculairement sur la surface inférieure du grain de fécule, et qu'on y fera tomber au contraire un plus grand nombre de rayons obliques, qui n'arriveront pas jusqu'au foyer du microscope.

12. Mais alors, si l'on approche le porte-objet de manière que le centre du grain de fécule ne soit plus au foyer du microscope, l'effet contraire aura lieu. Le centre du grain s'offrira comme un point noir enchassé dans une auréole éclairée, ou bien comme un noyau emprisonné dans un sac transparent; et si l'on emploie, pour observer le grain de fécule, l'ouverture la plus grande du diaphragme, sans toucher en rien au porte-objet, au lieu d'un point noir on aura une tache bleue, mais lumineuse.

13. Si l'on verse une goutte de solution aqueuse d'iode sur les grains de fécule qu'on observe au microscope, on voit ces belles perles de nacre se colorer successivement en purpurin, en violet, en bleu clair, et enfin en bleu foncé, si l'iode est en excès, comme lorsqu'on emploie une solution alcoolique; les grains apparaissent alors sous forme de beaux grains de verroterie colorés (pl. 2, fig. 2 *a*); mais ils ne changent, en se colorant, ni de forme ni de dimensions. Si l'on verse ensuite de l'ammoniaque liquide, ou de la potasse caustique très étendue d'eau, ou de la chaux tout-à-fait éteinte, un alcali quelconque enfin, la couleur bleue abandonnera les grains de fécule qui reprendront leur première transparence nacrée, sans avoir rien perdu ni de leur forme

ni de leurs dimensions primitives. Dans ce cas l'iode se porte sur les bases alcalines pour former avec elles des hydriodates. On pourra les colorer de nouveau par un excès d'iode, et les décolorer par l'alcali étendu, et ainsi de suite indéfiniment, sans que ces grains soient en rien altérés par cette alternative de réactions, qui rentrent évidemment dans la classe des phénomènes de coloration des tissus par les procédés de teinture; car il se passe, à l'égard des grains de fécule colorés par l'iode, absolument la même chose qu'à l'égard des tissus de soie ou de laine imprégnés de *fer* qu'on colore en bleu en les plongeant dans un bain de *prussiate de potasse* aiguisé d'un acide et que l'on décolore en les replongeant dans un bain de *potasse* [1]. On observe seulement à la longue qu'à la suite d'une plus ou moins longue alternative de réactions, les grains de fécule semblent perdre un peu de leur transparence primitive, vu que la grande quantité de sels que l'eau tient en dissolution a modifié le pouvoir réfringent du liquide qui enveloppe les grains de fécule. Dans l'expérience en grand, la belle couleur bleue, communiquée à la fécule par l'iode, disparaît à mesure que les parties aqueuses s'évaporent, et elle est remplacée alors par une couleur marron terne; mais la couleur bleue reparaît par l'addition de l'eau ou d'un acide hydraté. Dans un flacon bouché la couleur marron se conserve indéfiniment.

§ 3. Organisation des grains de fécule.

14. Les formes arrondies, l'isolement réciproque, l'ac-

(1) Voici la théorie de ce phénomène de teinture: lorsque vous trempez le tissu imprégné du *sel de fer* dans une eau de savon, celui-ci s'empare de l'acide du sel, et le fer seul reste attaché au tissu; si maintenant vous plongez ce tissu ferrugineux, pour me servir de cette expression, dans un bain de *prussiate de potasse* aiguisé d'acide hydrochlorique, l'acide hydrochlorique se porte sur la *potasse* pour former un hydrochlorate, et l'*acide prussique* mis en liberté se porte sur le *fer* pour former un sel bleu. Si ensuite vous replongez, dans la *potasse pure*, *le tissu teint en bleu*, *l'acide prussique* se reporte sur la *potasse* en abandonnant le *fer* du tissu.

croissement successif des grains de fécule dans les organes des végétaux, leur coloration par l'*iode* et leur décoloration par les alcalis étendus, tout enfin devait me faire naître la pensée que les granulations, qu'avant cette découverte on prenait pour des cristaux, pouvaient bien n'être autre chose que DES ORGANES; les expériences suivantes démontrent évidemment l'exactitude de cette proposition.

15. Les grains de fécule, au sortir des organes qui les recèlent, sont mous et fortement ombrés sur les bords, si les organes sont encore frais et vivans. Si on parvient à atteindre sur le porte-objet un de ces grains avec la pointe d'une aiguille, il s'affaisse sous la pression, se vide dans le liquide, et bientôt il ne reste plus de lui-même qu'un sac plissé, ouvert sur un des côtés; j'en ai dessiné un dans cet état sur la pl. 2, fig. 3 *a;* il appartient à la graine des *Chara* (7). Mais après leur dessiccation ou une ébullition plus ou moins prolongée dans l'alcool concentré, ces grains deviennent durs et plus transparens, et ils glissent alors facilement sous la pointe de l'aiguille; pour les ouvrir il faut avoir recours à un autre procédé.

16. Qu'on pétrisse de la fécule de pomme de terre dans la gomme arabique, et qu'on en compose un cylindre qu'on laissera sécher à l'air; que l'on ratisse ensuite un des bouts du cylindre, avec un instrument tranchant, en laissant tomber les raclures dans un verre de montre rempli d'eau distillée; que d'un autre côté on laisse dissoudre l'autre bout dans l'eau d'un second verre de montre; si l'on examine, quelques heures après, les deux verres de montre au microscope, on ne trouvera presque que des vésicules déchirées et plissées (pl. 2, fig. 5 *aaaa*) dans le premier verre, et dans le second tous les grains se montreront tout aussi bien conservés qu'auparavant (fig. 1).

17. Si la fécule a été broyée et écrasée par quelque procédé que ce soit, telle que l'a été la fécule des diverses fari-

nes, les vésicules déchirées s'y montreront tout aussi abondamment que dans le premier verre de montre.

18. Que l'on soumette, sur une lame de fer, une petite quantité de fécule à l'action des charbons incandescens; dès que les couches inférieures se montreront charbonnées, qu'on jette les couches supérieures dans l'eau du porte-objet, qu'on aura légèrement alcoolisée, tout à coup il s'établira des courans rapides dans différens sens; les grains de fécule passeront sous les yeux de l'observateur avec la rapidité de l'éclair; c'est à la faveur de cette petite tempête microscopique qu'on pourra voir de longues traînées d'une substance soluble sortir de l'intérieur de chaque grain crevassé, ou de chaque calotte des grains éclatés; et bientôt il ne restera plus sur le porte-objet que des vésicules plissées, mais dont le diamètre ne sera pas beaucoup plus grand que celui des grains de la même fécule.

19. Si l'on jette une certaine quantité de grains de fécule dans une grande quantité d'eau en ébullition, et qu'on examine ensuite le liquide au microscope, après son refroidissement, crainte que la vapeur d'eau n'obscurcisse le porte-objet, on verra flotter, dans le liquide, des vésicules infiniment légères et transparentes (fig. 2 *a'*), plus grandes vingt fois peut-être que les plus gros grains de la même fécule; et plus on prolongera l'ébullition, plus ces vésicules s'étendront et deviendront transparentes.

20. Si ensuite on abandonne à elle-même, après quelques instans d'ébullition, cette même fécule, en ayant la précaution de jeter dans le liquide un peu de camphre en poudre ou quelques gouttes d'alcool, il arrivera qu'au bout d'un à deux jours toutes les vésicules (fig. 2 *a'*) se précipiteront au fond du vase sous forme de flocons ou *detritus* blancs comme la neige, et le liquide qui les surmonte reprendra la limpidité de l'eau. Le camphre et l'alcool sont destinés dans cette opération à prévenir la fermentation dont nous nous

occuperons ci-après, et qui se manifeste plus ou moins promptement dans les grandes chaleurs de l'été.

21. On peut assister aux phénomènes les plus intimes de l'ébullition de la fécule, à l'aide de l'appareil suivant : qu'on place sur le porte-objet un verre de montre rempli d'eau distillée, dans laquelle on aura eu soin de déposer à la fois et des fibrilles de coton et des grains de fécule ; qu'au lieu d'un miroir réflecteur on emploie une lampe dont la flamme serve en même temps à échauffer et à éclairer l'objet, il ne restera plus, pour être témoin de l'effet de la chaleur sur le grain de fécule, que d'empêcher la vapeur d'eau de couvrir l'objectif. Pour cela on enveloppera le tube de l'objectif avec l'extrémité imperforée d'une éprouvette à minces parois que l'on tiendra plongée dans l'eau du verre de montre ; de cette manière la vapeur d'eau ne pourra ni revêtir la surface du verre grossissant, ni se glisser, à travers les jointures, dans l'intérieur du tube du microscope ; les fibrilles de coton sont destinées à retenir emprisonnés quelques grains de fécule qui, sans cette circonstance, seraient soustraits à l'observation par les courans de l'ébullition. Or, dès les premières impressions de la chaleur, on verra le grain de fécule retenu par les fibrilles de coton se dilater, devenir de plus en plus transparent, s'aplatir, s'affaisser et finir par se vider jusqu'à ne plus offrir que l'image d'un sac presque sans consistance.

22. Il est évident que toute réaction chimique capable de dégager une quantité suffisante de chaleur produira, sur le grain de fécule, les mêmes effets que l'ébullition de l'eau.

23. En conséquence, si l'on verse de l'acide sulfurique concentré sur une goutte d'eau dans laquelle on aura déposé quelques grains de fécule, tout à coup et à la faveur du grand dégagement de calorique occasionné par le mélange, les grains de fécule s'étendront et se videront sous les yeux de l'observateur. Si, au contraire, on mêle préalablement l'eau à l'acide sulfurique, et qu'après le refroidissement du

mélange on y jette les grains de fécule, ils resteront aussi intègres que dans l'eau pure; et, par un séjour prolongé, on les y trouverait plutôt corrodés qu'élargis et vidés. Il en sera de même avec la potasse caustique, la chaux vive, etc.

24. Si l'on jette quelques grains de fécule sur une goutte d'acide sulfurique concentré placée au foyer du microscope, par un temps sec, les grains ne se mouillant pas, et restant à la surface de l'acide, paraîtront aussi noirs et aussi petits qu'observés à sec sur une lame de verre (9), et ils n'éclateront pas; mais dès qu'on aura versé sur l'acide une goutte d'eau, ces grains éclateront et s'étendront dans le mélange; ils deviendront même si transparens qu'il faudra diminuer l'intensité de la lumière pour bien apercevoir les contours de leurs tégumens. Mais il ne faut pas perdre de vue que, pour que le phénomène se manifeste sous les yeux de l'observateur, il est nécessaire que le grain de fécule qu'on observe assiste au dégagement de calorique produit par le mélange, ce qui très souvent n'a pas lieu, à cause de la consistance sirupeuse de la goutte d'acide sulfurique.

25. Si l'on jette quelques grains de fécule sur une goutte d'acide nitrique ou hydrochlorique concentré et fumant, placée au foyer du microscope, les grains de fécule éclateront aussitôt; mais si l'on s'oppose au dégagement de calorique que produit l'avidité de ces acides pour l'eau, en faisant l'expérience sans le contact de l'air atmosphérique qui est toujours plus ou moins saturé d'humidité, si l'on jette par exemple les grains de fécule dans un petit tube rempli de l'un de ces acides et qu'on bouchera aussitôt hermétiquement, il sera facile de voir à travers les parois, à la faveur d'une forte loupe, que le plus grand nombre des grains de fécule, c'est-à-dire ceux qui n'auront pas assisté au dégagement de calorique produit à l'ouverture du flacon, y restent intègres pendant assez long-temps.

26. Il résulte de toutes ces expériences que chaque grain de fécule est un organe dont l'enveloppe externe, que je

désignerai désormais sous le nom de *tégument de la fécule*, est insoluble dans l'eau froide, l'alcool, l'éther et les acides, d'autant plus susceptible de s'étendre dans l'eau que celle-ci est élevée à un plus haut degré de température; il nous reste à examiner la nature de la substance que ce *tégument* renferme.

§ 4. Composition chimique des grains de fécule.

27. Nous avons vu (20) qu'après l'ébullition dans une assez grande quantité d'eau les *tégumens* ne tardent pas à se précipiter sous forme de flocons blancs comme la neige, et que ce précipité est surmonté d'un liquide aussi limpide que l'eau pure. On décante avec beaucoup de précaution ce liquide, et l'on trouve qu'il se coagule par l'alcool et les acides concentrés, par l'infusion de noix de galles, etc., mais non par la chaleur; qu'il se colore en bleu par l'iode, comme les *tégumens*; qu'il ne perd pas ses caractères par la dessiccation à un feu modéré; il acquiert seulement alors les caractères extérieurs d'une gomme, il a une surface luisante, une cassure vitreuse et se fendille comme la gomme.

28. Quant aux tégumens, on s'assure qu'ils ont été déchirés sur un de leurs bords, en les colorant par l'iode qui en même temps les rend plus rigides et les contracte; et, par la moindre agitation, on les voit remonter dans le liquide et y rester plus ou moins long-temps en suspension.

29. On fait perdre à la substance soluble la faculté de se colorer par l'iode, en la desséchant entièrement par couches très minces sur une plaque de porcelaine, et alors rien ne la distingue plus réellement de la gomme.

30. Les tégumens au contraire conservent encore cette faculté après une semblable dessiccation, sans rien perdre de leur insolubilité. Seulement, si on les détache mécaniquement de la surface du vase, la couche qu'ils y forment se brise en myriades de petites parcelles qui réfléchissent la lumière comme des parcelles de *Mica*, par la surface qui s'est moulée

sur la paroi lisse du vase, et elles jouent la cristallisation à l'œil nu.

31. Pour s'assurer que, dans l'expérience ci-dessus (24), l'action de l'acide sulfurique n'a point altéré les propriétés respectives des tégumens et de la substance soluble, il faudra étendre d'eau l'acide, le saturer par la craie, et filtrer à plusieurs reprises; les *tégumens* resteront sur le filtre, emprisonnés entre les aiguilles du sulfate de chaux; et la substance soluble passera limpide. On pourra encore isoler les *tégumens* du sulfate par la lévigation, lorsque le mélange n'en sera pas encore trop tassé; car les aiguilles du sulfate de chaux se précipiteront toujours les premières. On aura ainsi les deux substances en état d'être comparées avec celles qu'on aura obtenues par l'ebullition dans l'eau pure, et on pourra s'assurer qu'elles sont identiques. Quoique je n'aie pu encore procéder à une analyse élémentaire (2) de ces deux substances, cependant j'ose avancer, et cela, en me basant sur des raisons que j'exposerai plus bas, que sous ce rapport ces deux substances ne diffèrent pas sensiblement l'une de l'autre.

§ 5. Action du temps sur la fécule intègre et dont les tégumens n'ont pas éclaté.

32. (Il n'est pas hors de propos de faire observer que le temps n'est pas un réactif, mais simplement une mesure [1]. Car dès qu'on met en contact un organe avec un agent quelconque dans les circonstances favorables à la réaction, l'action chimique a lieu; mais alors elle est souvent inappréciable, parce que les organes, substances insolubles, ne peuvent être attaqués que par couches emboitées les unes dans les autres. Or, à mesure que les couches sont successivement attaquées du dehors au dedans, la somme des résultats inappréciables par eux-mêmes finit par devenir appréciable à nos moyens d'observation, et nous disons alors,

(1) *Recherches chimiques et physiolog. sur les tissus organiques*, t. III des Mémoires de la Société d'histoire naturelle de Paris, 1827.

quoique improprement : *Le temps a produit ce phénomène.* En fait d'observations et d'expériences, le mot de TEMPS équivaut donc à cette périphrase : *L'époque à laquelle des résultats successifs et égaux entre eux, mais infiniment petits, deviennent assez nombreux pour former une somme appréciable*).

33. La fécule paraît inaltérable au contact de l'air pur, pendant un laps de temps indéfini.

34. Ses grains m'ont paru tout aussi peu altérés après un an de séjour dans l'eau pure, que j'avais placée à l'abri de toute circonstance capable d'en élever la température assez haut pour faire éclater les granules avec plus ou moins de lenteur. Dans le cas contraire, les granules se distendent et se vident dans un espace de temps plus ou moins court, selon le degré de chaleur qui se développe. C'est à 50° que l'action de la chaleur sur les grains de fécule commence à devenir bien manifeste.

35. Si l'eau dans laquelle on a déposé la fécule renferme en outre une certaine quantité de substances fermentescibles, la chaleur résultant de la fermentation fera éclater subitement les grains ou les obligera à s'étendre et à se vider insensiblement, selon qu'elle se dégagera avec plus ou moins d'intensité et d'une manière plus ou moins prompte ; en sorte qu'au bout de quelque temps on n'observera plus dans le liquide que des tégumens plus ou moins altérés et pas un seul grain de fécule intègre ; c'est ce qui arrive à la farine des céréales lorsqu'on la laisse exposée, dans l'eau, à l'action de l'air atmosphérique.

36. L'affinité de l'iode pour la fécule est moins forte que sa volatilité. Que l'on colore par l'iode très légèrement humide la fécule intègre, les grains de fécule reprendront tôt ou tard, selon les quantités employées de part et d'autre, leur première blancheur, après avoir passé du bleu au marron terne (13). L'iode est alors évaporé entièrement.

37. Si l'on verse une faible solution d'iode sur la fécule déposée dans l'eau ORDINAIRE d'un flacon en verre, la fécule,

un instant colorée en bleu pâle, se décolore rapidement. Si la quantité d'iode est en excès, la décoloration tarde plus long-temps à s'effectuer; mais au bout de six mois environ, dans le cas où la couche de fécule déposée au fond de l'eau n'aurait qu'un centimètre d'épaisseur, la substance, d'abord colorée en bleu noir, aura repris son éclat et sa blancheur. Cependant, si l'on verse alors dans le liquide une faible quantité d'un acide quelconque préalablement étendu d'eau (13), la couleur bleue reparaît aussitôt, d'une manière il est vrai moins intense que la première fois.

38. L'explication de tous ces phénomènes n'est pas difficile à trouver.

L'eau ordinaire renferme certains sels capables de saturer l'iode pour former des hydriodates et iodates; l'iode sera donc enlevé à la fécule avec d'autant plus de rapidité que la réaction de ces sels sera plus énergique, et que les proportions d'iode seront plus faibles. Enfin il se forme aussi à la longue dans cette eau de l'ammoniaque, ainsi que dans toutes les eaux exposées au contact de l'air, surtout si elles renferment des détritus de corps organisés, ou une couche d'organes, ou enfin une couche de poussière inorganique. C'est pourquoi une assez grande quantité d'iode pourra encore exister en combinaison saline, au bout de six mois, dans le liquide recouvrant la couche de fécule décolorée. Si l'on verse alors un acide dans le mélange, l'iode remis en liberté se reportera sur la fécule, et la colorera de nouveau en un bleu trop intense pour qu'on puisse être autorisé à penser que sa saturation était due uniquement aux carbonates terreux que cette faible quantité d'eau était capable de tenir en dissolution.

§ 6. Action du temps sur la fécule dont les tégumens ont éclaté par la chaleur[1].

39. La substance soluble (27) isolée de ses tégumens,

(1) *Recherches chimiques et physiologiques sur les tissus organiques*, § 1, tome III des Mémoires de la Société d'histoire naturelle de Paris.

soit à l'aide du syphon ou de la pipette, soit par l'intermédiaire d'un filtre composé de plusieurs couches de papier sans colle, présente à la longue les caractères suivans : on ne voit développer dans son sein aucune bulle de fermentation; elle n'acquiert aucune odeur, elle ne donne aucun signe d'acidité ou d'alcalinité aux papiers réactifs, et cela même après six mois d'exposition à l'air libre. L'iode la colore en bleu les premiers jours, et y détermine des coagulum de la même couleur qui disparaissent avec la couleur bleue, dans l'espace de quelques heures ou d'un jour, selon les doses de substance employée. Une nouvelle quantité d'iode détermine les mêmes phénomènes; mais on s'aperçoit tôt ou tard que ce réactif, au lieu de colorer en bleu la solution, ne la colore plus qu'en purpurin, et qu'enfin, avec le temps, la substance soluble ne se colore plus du tout par l'iode, même à l'aide d'un acide; et pourtant cette substance n'a perdu aucune autre de ses propriétés essentielles : elle se coagule comme auparavant par l'alcool, les acides concentrés, la noix de galles, etc.; concentrée par la chaleur, elle s'offre exactement avec tous les caractères des gommes ordinaires; elle prend, par la dessiccation, un œil jaunâtre, et se fendille exactement comme une couche desséchée de gomme arabique.

40. D'autres phénomènes s'offrent à l'observation lorsqu'on expose la substance soluble au contact de l'air dans un flacon en verre, sans la séparer de ses *tégumens* qui se tassent au fond du vase; car, si la température est assez élevée (25° environ), on ne tarde pas à apercevoir des millions de bulles monter successivement à la surface du liquide; et il est facile de s'assurer que chacune de ces bulles part exclusivement du sein de la masse des tégumens. Bientôt l'odeur du liquide devient aigrelette; il rougit le tournesol, et enfin une odeur caséique se dégage et acquiert une telle intensité qu'on peut la saisir à une grande distance. Si on fait évaporer ce liquide à cette époque, on obtient

une substance déliquescente, granulée, qui a tout l'aspect et toute l'odeur du fromage qu'on a laissé exposé pendant long-temps à sa propre décomposition.

41. Ces effets sont plus rapides et plus prononcés si, au lieu de n'exposer la féeule qu'une seule fois à l'ébullition, on réitère l'ébullition à plusieurs reprises. J'avais fait bouillir huit heures par jour de la fécule, pendant un mois, dans un grand excès d'eau; je déposai, le 5 avril 1826, cette substance dans un flacon bouché à l'émeri, mais renfermant la moitié de sa capacité d'air atmosphérique. Les tégumens se précipitèrent bien plus lentement qu'à l'ordinaire; la fermentation s'établit plus rapidement. Le 31 mai je débouchai le flacon; le bouchon fut repoussé avec une forte explosion; le papier tournesol suspendu au goulot du flacon, sans adhérer aux parois, rougit sensiblement; une allumette enflammée, introduite dans le goulot, produisit une détonation violente, accompagnée d'une flamme assez vive; l'allumette resta incandescente assez long-temps dans le flacon. Le papier tournesol, trempé dans le fond du liquide et non à la surface, rougissait sur ses bords; mais exposé à l'air, il était ramené au bleu. L'odeur du vase était aigrelette et analogue à celle du fromage qui commence à aigrir. Je rebouchai le flacon. Le 10 juin je le rouvris, le bouchon fut repoussé avec la même explosion que la première fois; la substance soluble ne se colorait plus par l'iode. Le 9 juillet le flacon s'ouvrit avec une moindre explosion; le liquide à la surface même rougissait le tournesol; une odeur fétide de vieux fromage s'en dégageait de manière à infecter le local dans lequel je faisais l'expérience. Evaporée convenablement, cette substance, au lieu de présenter les caractères ordinaires d'une gomme, s'offrait sous l'aspect d'une substance jaunâtre, molle, luisante, grenue, déliquescente, semblable à un grumeau de graisse rance qu'on aurait obtenu par évaporation ou plutôt à la croûte humide et grenue de certains fromages; elle laissait sur la langue une impres-

sion de chaleur semblable à celle qu'y produit la viande qui a été rôtie jusqu'à un commencement de carbonisation. L'alcool et l'eau la redissolvaient également; mais, délayée dans l'eau, elle ramenait au bleu le papier rougi par les acides. En 1828 elle conservait encore son odeur infecte et toutes ses propriétés, quoique pendant tout ce temps elle fût restée exposée à l'air libre.

42. Il s'était donc formé de l'ammoniaque de toutes pièces dans une substance non azotée; c'est là la première conséquence que je tirerai dès à présent de cette série d'expériences, et le fait est assez important pour que j'y arrête immédiatement l'attention du lecteur. Nous aurons plus d'une occasion d'y revenir.

43. Lorsque la fécule est exposée au contact de l'air libre dans un flacon débouché, il arrive que la fermentation détermine la production, non de l'ammoniaque, mais de l'alcool, que l'on reconnaît à l'odorat. Au reste, l'influence de la lumière et de l'électricité de l'air joue un très grand rôle dans l'une et dans l'autre expérience, et elle est capable d'imprimer à la marche des phénomènes une foule de modifications plus ou moins variées.

§ 7. Action du temps, soit à l'aide de l'eau, soit à l'aide des acides et des alcalis, sur la contexture des tégumens de la fécule[1].

44. Quand les phénomènes de fermentation n'ont pas lieu dans le liquide renfermant le produit de l'ébullition de la fécule, phénomènes qu'on peut paralyser avec une goutte d'alcool ou une parcelle de camphre, les tégumens se conservent avec leurs premières formes, leur premier aspect, et leur première propriété de se colorer en bleu par l'iode. Ainsi j'ai conservé, pendant deux ans, dans un flacon bouché à l'émeri et à demi rempli d'air, de la fécule bouillie dans un grand excès d'eau distillée.

(1) *Recherches chimiques et physiologiques sur les tissus organiques*, § 6 et 10, tom. III des Mémoires de la Société d'histoire naturelle de Paris.

45. Mais lorsque la fermentation s'établit dans le liquide, on voit les tégumens se déformer chaque jour; et en se déformant leur tissu devient granulé et se couvre de globules très petits; peu à peu leur coloration au moyen de l'iode passe par toutes les nuances imaginables du bleu au purpurin, couleur que les acides refusent de ramener au bleu; enfin, leurs détritus, à une certaine époque, ne se colorent plus, si ce n'est en jaune, par une solution d'iode[1].

46. Une ébullition prolongée (24 heures environ) produit des effets analogues sur la contexture des tégumens. Ils s'étendent d'abord presque indéfiniment dans le liquide; bientôt ils se déchirent irrégulièrement, et leurs lambeaux se couvrent de granulations arrondies d'un diamètre à peu

(1) On lit dans la chimie de Despretz : « Les tégumens qui sont insolubles à froid deviennent solubles à chaud (tom. II, pag. 501, 1830). » Despretz, pour consigner dans son ouvrage un fait démenti par la série des expériences que j'ai publiées depuis six ans à cet égard, n'avait d'autre autorité que celle de Guibourt, qui avait conclu que les tégumens n'existaient plus dans le liquide, par cela que lui, Guibourt, et avec le secours de son microscope, ne les apercevait plus à une certaine époque. Or, Guibourt était alors à son début dans l'emploi du microscope, et il ignorait que, pour rendre visibles à cet instrument des corps devenus trop transparens, il ne faut pas les éclairer d'un trop grand faisceau de lumière; il ignorait aussi que l'évaporation de l'eau encore chaude peut, en couvrant de vapeurs la surface de l'objectif, dérober la forme des corps les plus opaques suspendus dans le liquide du porte-objet. Eh bien! son erreur doit être attribuée à l'une et à l'autre de ces causes d'illusions microscopiques. Et d'abord, quant à son microscope, Guibourt annonce s'être servi de celui de Gabriel Pelletan que nous avions eu l'occasion de manier avant l'auteur. Or, ainsi que nous l'avons déjà dit *, ce microscope est une mauvaise noix de coco qui avait appartenu à Haüy, et qui par les nouvelles modifications de ses lentilles, ne permet souvent pas de voir des corps moins transparens que les tégumens de fécule. Nous avions conseillé au propriétaire de l'instrument de faire usage d'un diaphragme, afin de diminuer l'intensité du faisceau de lumière, et les faux effets d'une mauvaise combinaison de lentilles. Nous sommes forcés d'entrer dans tous ces détails élémentaires, puisque nos auteurs de traités classiques, faute de les connaître, s'exposent à enregistrer des erreurs évidentes dans des catalogues de faits.

*) *Annal. des Sciences d'observation*, tom. II. *Avril* 1829, p. 104.

près égal en apparence ($\frac{1}{200}$, $\frac{1}{250}$, $\frac{1}{300}$ de millimètre), qui grossissent sensiblement à leur tour. Plus on prolongera l'ébullition, plus ces détritus de tégumens tarderont à se précipiter au fond du vase par le refroidissement et par le repos ; il faudra quelquefois un mois pour que la substance soluble soit bien isolée de ses tégumens déchirés, tandis que, après une heure d'ébullition, les tégumens intègres n'emploieront tout au plus qu'une demi-journée pour se tasser au fond du vase. Cela vient de la pesanteur spécifique de ces organes qui diminue à mesure qu'ils s'amincissent en s'étendant.

47. L'acide nitrique dans lequel on a déposé de la fécule intègre contracte en vingt jours environ une couleur jaunâtre. Toute la portion vide du flacon bouché à l'émeri devient, par le dégagement de l'acide nitreux, d'une couleur rougeâtre et rutilante. Les tégumens finissent par disparaître en entier dans cet acide, qui ne tarde pas à se décolorer et à reprendre sa diaphanéité, sauf quelques *détritus* que la loupe y fait découvrir, quand on regarde le flacon à travers jour.

48. L'acide hydrochlorique pur et concentré se comporte d'une autre manière ; l'acide devient d'abord jaunâtre et passe ensuite au noir jais ; et, observé au microscope, il offre des myriades de globules noirs, tenus en suspension dans un liquide incolore. En chimie on prendrait cette suspension pour une véritable dissolution. Si l'on étend l'acide avec de l'eau, tous les granules se précipitent pour former une couche noire occupant le fond du vase, et le liquide qui surmonte cette couche reste incolore et très liquide. Si on lave sur un filtre cette poudre noire, on trouvera qu'elle monte en suspension dans l'acide hydrochlorique à froid et à chaud, qu'elle monte en suspension dans l'eau par l'élévation de température et qu'elle s'en précipite par le refroidissement; ce qui vient de ce que ces granules ont une pesanteur spécifique moindre que celle de l'acide et plus forte que celle de l'eau.

49. On peut assister à la succession des phénomènes les plus intimes qui ont lieu dans le cours de cette réaction. Soient deux lames de verre dans l'une desquelles soit pratiquée une cavité en segment de sphère, et qui puissent glisser l'une sur l'autre à frottement; que l'on remplisse la cavité d'acide hydrochlorique concentré dans lequel on aura déposé des parcelles de fécule de pomme de terre ; que l'on fasse ensuite glisser subitement la lame simple sur la lame creuse, sans permettre à l'air atmosphérique de pénétrer dans la cavité, tous les grains de fécule éclateront sous l'influence du calorique qui se dégagera pendant l'opération; mais un mois après on commencera à voir les tégumens se couvrir de granulations dont la plupart auront $\frac{1}{200}$ de millimètre. Le liquide, ainsi que le tissu des tégumens, contractera de plus en plus une couleur roussâtre, et les globules de $\frac{1}{200}$ de millimètre commenceront à leur tour à se subdiviser. Un mois après, on apercevra des globules de $\frac{1}{400}$ de millimètre, et le phénomène restera alors stationnaire, si l'acide a épuisé toute son action.

50. Si, dans le même appareil, on met la fécule en contact, non avec l'acide, mais avec la potasse ou la soude caustique, la fécule éclatera de la même manière, à la faveur du dégagement de calorique qui aura lieu par la combinaison de la potasse et de l'eau ; la substance soluble se coagulera en plaques membraneuses ; les tégumens se granuleront, mais moins que dans l'acide. La couleur jaunâtre restera stationnaire indéfiniment. La fermentation de la farine produit à la longue, sur les tégumens de la fécule, les mêmes granulations que l'action des acides ou de l'ébullition.

§ 8. Réfutation, à l'aide des précédentes expériences, de la théorie classique de l'amidon.

51. « L'amidon se compose de petits cristaux tout formés « dans l'intérieur du végétal, et qui se précipitent par le dé- « chirement du parenchyme ou du tissu cellulaire. L'eau, à

« la température ordinaire, dissout une certaine quantité « d'amidon ; car, après avoir été lavée sur un filtre, cette « substance perd de son poids d'une manière appréciable. »

52. L'amidon ne se compose que de globules d'une blancheur éclatante, lisses, réfléchissant la lumière, qui croissent comme toutes les cellules végétales dans l'intérieur d'une cellule, et qui élaborent une substance gommeuse, de la même manière que d'autres cellules élaborent l'huile, la résine, etc. Je n'ai jamais trouvé aucun cristal dans l'intérieur d'une cellule vivante ; je n'en ai trouvé que dans les interstices, ainsi que je le démontrerai plus loin.

Les grains intègres de fécule sont insolubles dans l'eau froide, et cela indéfiniment. Deux causes peuvent faire croire à leur solubilité partielle. La première est la facilité avec laquelle les grains de la plus petite dimension passent à travers le filtre ; la seconde est l'altération mécanique des grains de fécule qui ont passé par les procédés de mouture, de fermentation, etc. Le tégument des grains de ce genre ayant été déchiré ou divisé, l'eau peut atteindre la substance incluse et la dissoudre.

53. « L'amidon se combine facilement avec l'eau bouil- « lante, et forme un hydrate connu sous le nom d'empois « (*Thénard,* 1824). — Mêlé avec l'eau bouillante, il forme « l'empois, et devient soluble ; par l'évaporation à siccité « il ne reprend pas son insolubilité dans l'eau froide (*Des- « pretz,* 1830). — L'amidon est insoluble dans l'eau froide, « mais se résout dans l'eau bouillante en un liquide mucila- « gineux (*Berzélius,* 1832). »

54. L'amidon est composé de vésicules pleines d'une substance gommeuse qui durcit au contact de l'air (15) par l'évaporation de ses parties aqueuses. Dans l'eau élevée à 50°

seulement, le *tégument* imperméable à froid se distend; dans l'eau bouillante il se déchire; la substance gommeuse se dissout alors dans l'eau; les tégumens restent en suspension; ils se précipitent au fond du vase, si l'eau est en excès, et si, par conséquent, les tégumens sont clairsemés dans le liquide; mais, si la fécule est en excès, les tégumens, qui ont acquis un volume au moins dix fois plus grand, forment, en se pressant et s'agglutinant bout à bout, des couches tremblottantes qui épaississent le liquide et le rendent opalin; c'est ce qu'on nomme *empois*.

55. « Cet empois, d'après Vogel, se décompose par la « congélation, et l'amidon reprend ses propriétés primitives « (*Thénard*, 1824). — Selon Vogel, la dissolution mucilagi- « neuse d'amidon, soumise à la congélation et au dégel, « laisse déposer l'amidon dissous, sous forme pulvérulente, « résultat qu'on n'obtient par aucun autre moyen (*Berzélius*, « trad. 1832). »

56. Par la congélation les tégumens, se contractant, acquièrent une plus grande pesanteur, deviennent plus clairsemés, et trouvent ainsi moins d'obstacle à se précipiter. Ils apparaissent alors au fond du vase avec l'aspect rigide et craquant de la fécule intègre, mais la moindre élévation de température va leur rendre leur souplesse et les faire remonter en suspension dans le liquide. Ce qui doit ajouter encore à la marche du précipité, c'est qu'à partir de $+4^{\circ}$, l'eau va toujours en augmentant de volume et par conséquent en diminuant de densité jusqu'à zéro, tandis que les tégumens au contraire diminuent de plus en plus de volume et augmentent en densité.

57. « La potasse, broyée avec l'amidon, lui donne la « propriété de se dissoudre dans l'eau froide; la dissolution

« est troublée par les acides, qui, se combinant avec l'al-
« cali, mettent l'amidon en liberté (*Thénard*). — Une disso-
« lution concentrée d'hydrate potassique, broyée avec de
« l'amidon, forme une combinaison transparente, gélati-
« neuse, soluble dans l'alcool et dans l'eau, d'où l'amidon
« est précipité par les acides. Étendue de beaucoup d'eau,
« la gelée limpide devient opaline (*Berzélius*, trad. 1832). —
« Broyé avec de la potasse, il se dissout, et il est précipité
« de la dissolution par les acides (*Despretz*, 1830). Avec la
« baryte et la chaux l'amidon forme des combinaisons inso-
« lubles, et qui se précipitent quand on mêle une dissolution
« d'amidon avec de l'eau de chaux ou de baryte. On obtient
« une combinaison d'oxide plombique et d'amidon, en mêlant
« une dissolution bouillante d'amidon avec un excès de sous-
« acétate ou de sous-nitrate plombique (ce dernier à l'état de
« dissolution saturée bouillante); l'amidon se combine avec
« la base en excès et transforme le sous-sel en sel neutre.
« Le précipité est blanc, caséiforme et pesant; il renferme
« 72 parties d'amidon sur 28 parties d'oxide plombique
« (*Berzélius*, trad. 1832). »

58. La potasse caustique, en se combinant avec les vapeurs d'eau de l'atmosphère, produit assez de calorique pour faire éclater et pour distendre les tégumens; la substance soluble peut être dès lors reprise par l'eau; mais comme l'eau de ce mélange n'est pas en assez grande proportion pour modifier sensiblement le pouvoir réfringent de la substance soluble par rapport aux tégumens de la fécule, il s'ensuit que la gelée conservera sa transparence; mais, en ajoutant de l'eau au mélange, la substance soluble s'étendra de plus en plus sans que les tégumens se modifient en aucune manière; le pouvoir réfringent des deux substances sera donc de plus en plus différent, et le liquide deviendra de plus en plus opalin et laiteux. Les acides étendus préalablement seraient bien capables, en contractant les té-

gumens par leur astringence, de diminuer leur pesanteur spécifique et de hâter le précipité. Mais il est facile de concevoir que ce précipité aurait lieu tout aussi bien sans le secours des acides, si l'on abandonnait cette prétendue combinaison potassique à elle-même après l'avoir suffisamment étendue d'eau (17). Ce qui avait sans doute porté les chimistes à croire que la potasse se combine atomistiquement avec la fécule, c'est que l'iode ne colore plus l'amidon traité par cet alcali. Mais il suffit de se rappeler l'affinité de l'iode pour la potasse, afin de concevoir que, si l'iode ne colore pas l'amidon, c'est qu'il forme un hydriodate avec la potasse dissoute dans l'eau qui tient l'amidon en dissolution. Quant au précipité dans lequel les chimistes voyaient l'amidon tout entier mis en liberté, il faut qu'ils ne se soient pas assurés, par l'expérience, de la nature de ce précipité; car en l'évaporant ils n'auraient pas manqué de se convaincre, d'après les principes de l'ancienne méthode, que cet amidon était ALTÉRÉ.

Les combinaisons atomistiques que Berzélius indique de l'amidon avec certaines bases insolubles sont encore plus illusoires que celle de la potasse; car les particules de baryte ou de chaux que l'eau tient en suspension, rencontrant les tégumens également suspendus dans le liquide, s'y attachent par adhérence et les rendent plus pesans; ou bien, en se précipitant elles-mêmes, elles emprisonnent entre elles la substance soluble, et ce mélange mécanique, soumis aux procédés grossiers de l'analyse en grand, simule une combinaison atomistique. Il faut en dire autant de la combinaison avec le sous-sel de plomb, non que je nie pourtant que la fécule, ainsi que l'albumine et autres substances organiques, n'ait la propriété de réduire certains sels; mais en cette circonstance le précipité n'est autre qu'un mélange de tégumens rendus plus pesans par le sel insoluble de nitrate de plomb, d'oxide de plomb et de substance soluble; et ce mélange variera selon les procédés de l'analyse. Je porte le

défi le plus formel à cet égard, et j'ose avancer que les nombres indiqués par Berzélius ne se retrouveront pas une seule fois dans une série d'analyses variées. Je ne m'étendrai pas ici sur les combinaisons d'amidon et de *borax*, d'amidon et de *bleu de prusse*, ni sur la solubilité du *phosphate de chaux* dans l'amidon, comme l'avançait Vauquelin ; ce serait vouloir perdre quelques lignes que de vouloir les consacrer aujourd'hui à la réfutation de ces idées. Ce que j'ai dit, au sujet de quelques bases, suffit pour toutes les assertions analogues.

59. « L'acide nitrique affaibli le dissout à froid (*Thénard*). « — Les *acides* étendus dissolvent l'amidon en un liquide « transparent et très fluide (*Berzélius*). — Il se dissout éga-« lement dans les acides nitrique, sulfurique (*Despretz*). »

60. Les acides avides d'eau, mêlés au contact de l'air avec de l'amidon intègre, produisent une chaleur suffisante pour faire éclater les grains féculens. Mais si l'on fait les expériences sans le contact de l'air, l'action de ces acides se bornera à altérer à la longue les tissus féculens, pour donner lieu à des phénomènes autres que ceux d'une simple dissolution (1,23,48). Bien loin de dissoudre la fécule, les acides précipitent même la substance soluble et la coagulent, en lui soutirant les molécules d'eau qui servaient à la tenir en solution ; et s'ils semblent en dissoudre une partie après que les tégumens ont éclaté, c'est à la faveur de l'eau qui leur est combinée. Il en est de même de la potasse caustique et de l'alcool, enfin de toutes les substances avides d'eau.

61. « L'acide sulfurique forme avec l'amidon un composé « cristallisable. Que l'on prenne de l'acide sulfurique étendu « de douze fois son poids d'eau ; que l'on dissolve, en éle-« vant un peu la température, l'amidon dans quarante fois « son poids de cet acide faible, et que l'on verse de l'alcool

« dans la dissolution, il en résultera un précipité qui devra
« être regardé comme un mélange d'eau, d'acide sulfurique,
« d'amidon pur et du composé cristallin. Si, après avoir
« lavé le précipité avec l'alcool pour enlever l'excès d'acide,
« on verse sur le résidu une petite quantité d'eau, celle-ci
« dissoudra le composé; mais comme elle en séparera un
« peu d'amidon, et que par cela même elle mettra de l'acide
« en liberté, il faudra verser la nouvelle liqueur sur un
« filtre, la faire cristalliser par évaporation spontanée, et
« délayer à plusieurs reprises les cristaux dans de l'alcool.
« L'acide libre sera emporté, et le composé d'acide et d'a-
« midon restera pur (*Saussure*, Ann. de ch. et de phys.,
« t. XI; *Thénard*; *Berzélius*, trad. 1832). »

62. L'alcool, en s'emparant des molécules aqueuses, rapproche et coagule les substances gommeuses : ce *coagulum* ne peut avoir lieu sans emprisonner les molécules d'acide ou de sel que tient en dissolution l'eau dans laquelle la substance gommeuse est dissoute, et dans laquelle les tégumens sont tenus en suspension. Dans le cas que cherchait à expliquer la théorie classique, il arrivera donc que l'acide sulfurique s'emprisonnera dans le sein des grumeaux formés par l'alcool au moyen de la substance soluble et des tégumens de la fécule. Si maintenant on lave les grumeaux avec de l'alcool, ce menstrue emportera les molécules acides qui peuvent recouvrir chacun des grumeaux, mais il respectera les molécules acides emprisonnées dans une substance que l'alcool ne peut attaquer. En conséquence, la surface de ces grumeaux sera neutre, tandis que leur intérieur sera acide. Si ensuite, à la place de l'alcool, on se sert d'eau pour laver ces grumeaux, celle-ci, désagrégeant les tégumens en dissolvant la substance soluble, mettra de nouveau l'acide en liberté. Mais si, après avoir bien lavé à l'alcool les grumeaux, on les fait dessécher, chaque parcelle, après sa dessiccation, conservera un aspect cristallin, à cause

des diverses faces qu'elles contracteront, soit pas les cassures, soit par les traces de leur application contre les parois du vase; on croira alors avoir des cristaux résultant d'une combinaison atomistique, tandis que, par le fait, on n'aura devant les yeux qu'un mélange artificiel; toutes ces expériences sont faciles à constater par l'observation microscopique. Il n'existe donc pas de sulfate d'amidon; car, bien loin que l'acide sulfurique ait une affinité proprement dite pour la fécule, il la précipite de l'eau; et, sans eau, il ne la dissout pas[1].

63. « Trituré avec plus ou moins d'iode, il forme des « combinaisons dont la couleur varié. Les combinaisons « sont violâtres quand la quantité d'iode est petite, bleues « quand elle est un peu plus grande, noires quand elle l'est « plus encore..... Il paraît qu'entre ces diverses combinai- « sons il en existe une qui est BLANCHE, et qui contient le « moins d'iode possible (*Colin* et *Gauthier de Claubry*, Ann. « de chim. 90; *Pelletier*, Bullet. de pharm. 6; *Thénard*, 1825; « *Despretz*, 1830). L'IODURE D'AMIDON est soluble dans l'eau « froide, et d'autant plus qu'il est plus riche en iode. L'io- « dure bleu-noirâtre se dissout facilement : la dissolu- « tion est violette; l'iodure bleu est moins soluble et forme « une dissolution INCOLORE... La dissolution du chlore dé- « truit la couleur de l'IODURE d'amidon et la fait passer au « jaunâtre.... L'acide nitrique concentré le dissout en un « liquide rougeâtre.... Les alcalis la détruisent également; « les acides la régénèrent. (*Berzélius*, 1832!!!) »

64. L'iode ne forme pas une IODURE D'AMIDON, dans le sens propre du mot, avec la fécule intègre; il la colore seulement en s'appliquant sur la surface de chaque granule, par le même mécanisme en vertu duquel il colore en jaune les autres tissus organiques, tels que le lin, le coton, la

(1) *Bull. des Sciences phys. et chim.* déc. 1825.

laine, etc. (13). Or, jusqu'à présent la chimie n'a point rangé les phénomènes de coloration des tissus dans la classe des combinaisons atomistiques, et elle aurait commis une grave erreur en rapprochant le moins du monde ces deux ordres de phénomènes. La prétendue combinaison en blanc était si facile à expliquer, même à l'époque de la publication du travail de MM. Colin, Gaultier de Claubry et Pelletier, qu'on ne peut se défendre d'un mouvement de surprise, lorsqu'on voit cette idée reproduite avec une certaine afféterie, en 1832, par des chimistes célèbres. Car, ou bien l'eau dans laquelle vous opérez votre prétendu mélange renferme des sels inorganiques susceptibles de céder leurs bases à l'iode, et alors au lieu d'une combinaison blanche d'iode et d'amidon vous aurez un hydriodate inorganique, et l'amidon restera incolore : ou bien la quantité d'iode sera si faible qu'elle ne semblera pas ajouter à la légère teinte déjà bleuâtre que possède la fécule de pomme de terre et même celle de froment. Ces prétendus iodures d'amidon ne se dissolvent jamais dans l'eau, si l'on opère à froid et si les grains de fécule sont bien intègres ; mais si vous opérez avec la fécule de froment dont le plus grand nombre des grains ont été écrasés par la meule, alors la substance soluble se dissolvant dans le liquide se colorera en bleu, en s'associant à l'iode.

La dissolution de chlore ne fait passer au jaunâtre la couleur du prétendu iodure d'amidon qu'en altérant la substance même de l'amidon. L'acide nitrique produit un effet analogue par la même cause (47, 48). Les alcalis ne détruisent pas la couleur de l'iodure d'amidon; ils s'emparent de l'iode et forment avec lui des hydriodates (13). Les acides remettent l'iode en liberté, et l'amidon se colore de nouveau. L'acide sulfureux et le gaz hydrogène sulfuré détruisent la couleur par le même procédé que les acides ci-dessus. Berzélius ajoute que *dans ce dernier cas un acide plus fort reproduit la couleur*. C'est qu'un acide plus fort fait éclater les

grains de fécule, et fournit ainsi à l'iode une nouvelle masse de substance à colorer.

65. L'analogie, car elle doit continuer la route qui nous a été tracée par les faits alors que les faits positifs nous abandonnent; l'analogie ne me permet pas un instant de douter que la coloration par l'iode de la substance soluble et insoluble de la fécule soit due à une substance étrangère à l'organisation essentielle de la fécule, et dont elle pourrait se dépouiller, sans perdre aucun de ses autres caractères. Voici les raisons sur lesquelles j'ai fondé depuis long-temps mon opinion : il est des théories professées dans les livres les plus estimés qui reposent sur des inductions moins logiques. 1° L'élévation de température (29) suffit pour dépouiller la substance soluble de la faculté de se colorer par l'iode; c'est alors une gomme ordinaire. Quant aux tégumens, il faut un coup de feu plus fort (torréfaction) pour leur enlever cette propriété; car les tissus cèdent moins facilement que les substances solubles les substances avec lesquelles ils sont combinés. 2° La fermentation spontanée produit à la longue les mêmes effets que l'évaporation par couches minces, sur la substance soluble, et que la torréfaction sur les tégumens (39); et pourtant, à l'époque à laquelle les tégumens refusent de se colorer par l'iode, ils conservent encore toutes leurs premières propriétés physiques et chimiques. 3° L'iode colore en bleu l'intérieur de certains grains de *pollen* dans lesquels on ne trouve pourtant pas un atome de fécule. L'iode, ainsi que beaucoup d'autres substances, colore en bleu la résine de gaïac, qui certes ne sera pas soupçonnée de posséder de la fécule. 4° Si l'on verse de l'ammoniaque caustique dans la substance soluble de la fécule en ébullition, celle-ci se coagule en longs rubans très réguliers, et alors l'eau se colore en bleu par l'iode comme auparavant, sans qu'elle paraisse renfermer en dissolution la substance gommeuse de la fécule. 5° Les progrès de la germination chez les céréales produisent, sur

la substance soluble et sur les tégumens que le calorique spontané a fait éclater, les mêmes effets que la fermentation à l'air libre; et notez que le périsperme étant alors fortement acide, on ne peut pas attribuer l'absence de la coloration bleue par l'iode à la présence d'une base ou d'un alcali. Il arrive une époque où les tégumens qui nagent dans le liquide nourricier se colorent en purpurin très clair par l'iode, et finissent même par ne plus recevoir aucune coloration par ce réactif. 6° Enfin on trouve, dans les organes de certains végétaux, des granules analogues, en tout point aux granules d'amidon, qui remplissent les mêmes fonctions physiologiques, et qui ne diffèrent d'eux que par l'absence de la propriété de se colorer en bleu par l'iode.

Ces raisons péremptoires aux yeux du physiologiste qui examine le développement, la transformation et l'analogie des organes, seront sans doute encore long-temps repoussées par les chimistes qui, ne s'occupant que des substances brutes, se plaisent à multiplier les êtres pour enrichir la nomenclature et la classification.

66. J'irai encore plus loin et j'oserai avancer que l'iode ne colore la substance soluble qu'en la coagulant et en l'assimilant ainsi, par sa contexture artificielle, aux tégumens eux-mêmes. Nos plus forts grossissemens sont encore trop faibles pour apercevoir les myriades de ces petits grumeaux; on pense alors que ce qui communique au liquide sa couleur bleue est une dissolution; mais il est facile de se convaincre que l'iode forme dans une solution de substance soluble des grumeaux appréciables et variant de dimensions jusqu'aux limites de nos grossissemens; en continuant l'observation par l'analogie, on doit admettre l'existence de grumeaux inappréciables comme tels, et suspendus comme les autres dans le même liquide. Or ces derniers ne peuvent y exister sans que l'eau en paraisse colorée. Quand nous agitons l'eau qui surmonte un précipité d'amidon intègre de pomme de terre coloré par l'iode, l'eau ne paraît-elle pas

colorée à l'œil nu? Eh bien! ces grains colorés sont à l'œil nu ce que les grumeaux infiniment petits sont à l'œil armé du microscope. Au reste, ce que nous disons ici de la coloration de la substance soluble de la fécule par l'iode, s'applique en général à toute autre substance colorante; et j'admettrai en principe que toute dissolution dans l'eau ou dans tout autre menstrue incolore est incolore; et qu'au contraire toute coloration d'un liquide auparavant incolore indique une suspension.

67. « On peut toujours obtenir la plus belle couleur « bleue en traitant l'amidon avec un excès d'iode, DISSOLVANT le COMPOSÉ dans la potasse caustique, et précipitant « la dissolution par un acide végétal (*Thénard*). — L'acide « sulfurique concentré dissout l'iodure d'amidon, ainsi que « l'acide étendu; mais la dissolution obtenue par le premier « est brune et devient violette quand on l'étend d'eau, « tandis que la dissolution dans l'acide affaibli est brune « (*Berzélius*, 1832). »

68. La potasse, ainsi que tous les autres alcalis, enlève à l'amidon intègre l'iode qui le colore, pour former avec lui des hydriodates. Si dans cette opération le dégagement de calorique est suffisant, les grains de fécule éclateront, les tégumens monteront en suspension, et la fécule paraîtra s'être dissoute en rendant le liquide opalin. Si au contraire le dégagement de calorique est insuffisant, la fécule restera au fond du vase, mais décolorée et avec sa première blancheur; l'acide qu'on ajoutera ensuite s'emparera de l'alcali; l'iode remis en liberté se reportera sur la fécule, la colorera de nouveau. Si cet acide produit lui-même assez de calorique pour faire éclater les grains qui dans la seconde hypothèse n'auraient pas éclaté, il s'ensuivra qu'au lieu d'une poudre colorée au fond du vase, on aura un liquide plus coloré que la première fois, vu que l'iode aura à exercer son affinité, non

plus sur les tégumens seuls, mais sur les tégumens et sur la substance soluble ; car l'iode ne pénètre jamais jusqu'à la substance renfermée dans le tégument, tant que celui-ci n'est point déchiré par le broiement ou distendu dans l'eau chaude. La même intensité de couleur aurait lieu, même avec l'aide d'un acide très étendu d'eau, si la potasse avait déjà fait éclater les grains de fécule en les décolorant. Il est inutile d'ajouter que dans ces deux derniers cas, si l'on a soin de tenir le flacon bouché, les tégumens ne tarderont pas à se précipiter sous forme d'une poudre bleue, mais qui ne se tassera jamais comme le ferait l'amidon intègre coloré par l'iode.

69. L'action de l'acide sulfurique sur la coloration du prétendu iodure d'amidon tient absolument au même ordre de phénomènes. S'il est concentré, les grains de fécule éclateront, et la coloration sera plus intense que si l'acide avait été faible, puisqu'elle sera double dans le premier cas et simple dans le second. Or un bleu intense est brun en apparence.

70. « Th. de Saussure ayant abandonné à lui-même de « l'amidon de froment réduit en empois, exposé à l'air « libre, ou à une faible quantité d'air dans un flacon bouché « à l'émeri, et cela pendant deux mois et même un an, a « reconnu que, par cette fermentation spontanée, l'amidon « s'était transformé, 1° en sucre, 2° amidine, 3° gomme, « 4° ligneux amylacé, 5° ligneux mêlé de charbons, 6° ami- « don non décomposé, 7° résine molle ; et il a donné de « toutes ces substances des nombres précis, même avec des « fractions. Il désigne sous le nom d'AMIDINE une substance « qui se colorerait en bleu par l'iode, mais qui ne se dissou- « drait en toutes proportions dans l'eau qu'à 60°, qui ne « formerait point de gelée avec l'eau bouillante, et dont « la dissolution dans la potasse ne serait pas visqueuse. « Cette substance, obtenue après certains lavages et une

« suffisante dessiccation, serait blanche ou d'un blanc jau-« nâtre, très friable, en fragmens irréguliers, sans odeur, « sans saveur. On l'obtiendrait, d'après lui, en jetant l'ami-« don fermenté sur un filtre, le lavant, le faisant redissoudre « dans l'eau bouillante, et filtrant de nouveau. Le LIGNEUX « AMYLACÉ s'obtiendrait de l'empois fermenté, en traitant le « résidu non attaqué par l'eau bouillante, avec dix fois son « poids d'une lessive de potasse contenant $\frac{1}{12}$ d'alcali, ajou-« tant de l'acide sulfurique faible à la lessive, pour en préci-« piter le LIGNEUX AMYLACÉ, qui se présente alors sous forme « d'une légère poudre jaune, qui bleuit par l'iode et qui « s'agglomère et devient noir par la dessiccation, et pré-« sente à l'état sec une cassure brillante, vitreuse. Le char-« bon forme le dernier reste sur lequel l'eau, l'alcool, l'a-« cide sulfurique, la potasse, auront été sans action. » (*Thénard, Despretz, Berzélius* reproduisent et adoptent ces résultats si compliqués, et que nos expériences vont faire rentrer, de la manière la plus facile, dans la classe des illusions et des doubles emplois; cependant Berzélius n'a pas pu résister à puiser dans nos travaux précédens une explication qu'il a du reste altérée au sujet du LIGNEUX AMYLACÉ, *Traité de ch*, rt. *m*ad., t. V, p. 204).

71. Nous avons dit que, si l'on a la simple précaution de jeter une goutte d'alcool dans l'amidon traité par l'eau bouillante, ou, ce qui revient au même, si l'on a lavé à l'alcool la fécule, afin de la dépouiller des substances étrangères et résineuses qui pourraient adhérer à sa surface, sa métamorphose en acide caséique n'a pas lieu. Il en est de même lorsqu'on l'expose au contact de l'air, sous forme d'empois épais, et que les tégumens tassés ne sont point surmontés d'une grande couche d'eau. Or, voici ce qui est arrivé dans les expériences compliquées de Saussure.

72. Je ne parlerai pas de la résine que l'auteur n'a certainement trouvée que dans l'amidon de froment, qui n'est jamais susceptible d'être obtenu à un aussi grand état de

pureté que l'amidon de pomme de terre. Je reviendrai sur cette circonstance en parlant de l'analyse des farines.

73. Les tégumens se subdivisent à l'infini; et, en fournissant de l'acide carbonique et de l'hydrogène aux dépens de leur tissu (41), ils deviennent de plus en plus rigides; l'empois deviendra donc de plus en plus liquide et moins collant. Une longue ébullition produit sur la fécule, sous ce rapport, le même effet que la fermentation, en subdivisant à l'infini la fécule.

74. Le sucre, obtenu par Saussure en assez grande quantité de l'amidon du froment, existait en partie dans la farine; car il est impossible qu'une quantité considérable de ce sucre, pendant la durée du procédé des amidonniers, n'ait pas adhéré à la surface des grains intègres, et ne se soit pas emprisonnée, soit dans les tégumens déchirés par la meule ou par la chaleur provenant de la fermentation du gluten, soit entre les divers grumeaux si tenaces de cet amidon. Outre cette portion préexistante de sucre, il s'en produit dans l'empois de froment, qui ne se produirait pas dans l'empois de fécule de pomme de terre, à cause du gluten qui existe en grande quantité dans le premier et qui manque dans le second. Or, la fermentation du gluten, qui enfante de l'alcool quand on l'associe avec le sucre, peut produire du sucre, associé aux produits et aux élémens de l'empois. Nous pouvons assurer d'avance que chaque expérience donnerait à cet égard des nombres considérablement différens les uns des autres. Venons à l'AMIDINE et au LIGNEUX AMYLACÉ.

75. On peut obtenir l'AMIDINE de Saussure immédiatement après l'ébullition de la fécule dans un grand excès d'eau. Si l'on jette l'empois sur un filtre multiple, la substance soluble passera limpide, et les tégumens resteront sur le filtre; en les soumettant de nouveau à l'ébullition, les filtrant de nouveau, et enfin en les desséchant convenablement, on les obtiendra à part avec tous les caractères que leur assigne Saussure (71); car sa dissolution dans l'eau

à 60° n'est qu'une suspension, et sa dissolution dans la potasse ne sera pas visqueuse, vu que la substance gommeuse ne sera plus là pour agglutiner les tégumens entre eux. L'erreur de Saussure, erreur qui était plutôt le fait de la science que celui de la négligence de l'auteur, serait impardonnable aujourd'hui.

76. Le LIGNEUX AMYLACÉ est évidemment le produit de l'analyse et non celui de la fermentation; car Saussure, pour l'obtenir, a traité le résidu qui refusait de se dissoudre dans l'eau à 60°, d'abord par de l'eau chargée de $\frac{1}{12}$ d'acide sulfurique qui en a dissous une partie à l'aide de la chaleur, puis le dernier résidu par la potasse caustique, et par l'acide sulfurique étendu, afin de le précipiter de l'eau alcaline; et le LIGNEUX amylacé s'est présenté sous forme d'une poudre jaune, bleuissant avec l'iode, s'agglomérant, devenant noire par la dessiccation, et présentant à l'état sec une cassure brillante et vitreuse. Le résidu sur lequel a opéré Saussure se composait évidemment de ces gros grumeaux qui se forment toutes les fois qu'on jette dans l'eau bouillante la fécule en trop grande quantité, et sans l'avoir préalablement délayée dans de l'eau froide; ces gros grumeaux refusent de se tenir en suspension, comme le font les tégumens isolés, à cause de leur pesanteur spécifique, et ils renferment toujours dans leur sein une certaine quantité de grains intègres qui ont été protégés, contre l'action de l'eau bouillante, par la couche plus ou moins épaisse des tégumens soudés entre eux qui les recouvrent de toute part; car pour que les tégumens de la fécule laissent passer la substance soluble, il faut non-seulement du calorique, mais encore la présence de l'eau. Aussi voyons-nous que Saussure a retrouvé, dans ces cinq expériences, 3, 4, 5 et même 9 pour cent d'amidon non dissous. Or la potasse caustique altère les tégumens à l'aide de la chaleur comme elle altère le ligneux même; l'acide sulfurique ajoute encore à cet effet; il

n'est donc pas étonnant que le précipité de tégumens s'offre comme une poudre jaunâtre ; d'un autre côté, quelque nombreux que soient les lavages sur le filtre, il m'a été démontré, par des expériences dont je parlerai plus bas en traitant de l'ulmine, que les tégumens de la fécule, ainsi que tous les autres genres d'organes, soit végétaux, soit animaux, retiennent toujours une certaine quantité des bases ou des acides avec lesquels on a traîté leur substance. Si donc vous soumettez le précipité resté sur le filtre à la chaleur de la dessiccation, l'action des bases et des acides sur leur tissu sera encore plus intense que dans la première circonstance, et cette action sera telle même qu'une grande quantité du résidu, celle qui avoisinera de plus près les paróis échauffées, se réduira en grumeaux plus ou moins charbonnés. De là deux ordres de substance pour le chimiste : le LIGNEUX AMYLACÉ (tégumens à demi-charbonnés, mais se colorant encore par l'iode), et le CHARBON proprement dit (tégumens tout-à-fait charbonnés et ne se colorant plus par l'iode). Mais il est nécessaire de faire remarquer que, si l'on veut répéter les expériences de Saussure, on obtiendra, en suivant la marche de son analyse, un aussi grand nombre d'*amidines*, de *ligneux amylacés*, qu'on variera les circonstances et les procédés de l'opération (45).

77. La substance soluble ayant été dépouillée de la faculté de se colorer en bleu avec l'iode, sous l'influence de cette fermentation spontanée (39, 65), elle apparaît dans les expériences de Saussure sous la forme d'une gomme.

78. En conséquence, dans les expériences de Saussure, la seule substance que la fermentation ait introduite dans l'empois, c'est une certaine quantité de sucre ; la seule qu'elle ait éliminée, c'est la substance colorable par l'iode de la substance soluble ; toutes les autres y étaient déjà, et, les premiers jours de l'expérience, l'analyse les y eût retrouvées comme un mois, deux mois et un an après.

§ 9. Disposition des grains de fécule dans l'intérieur des cellules végétales. — Fécule singulière du TYPHA[1].

79. On ne trouve les grains de fécule que dans l'intérieur des cellules du tissu cellulaire qui ne sont point tapissées de substance verte. Les vaisseaux, trachées, interstices, les cavités déchirées n'en renferment jamais. La moelle des troncs, le périsperme et les cotylédons des graines sont les organes dans lesquels on trouve cette substance plus fréquemment.

80. Il est facile d'observer la configuration des cellules allongées et à facettes qui renferment la fécule chez les céréales, en coupant longitudinalement et par tranches extrêmement minces le périsperme de l'orge. Les tubercules de la pomme de terre, observés par le même procédé, fournissent à l'observation des résultats plus distincts, les cellules hexagonales étant plus rigides que celles des céréales. Si l'on écrase sur le porte-objet des fragmens de pois verts qu'on aura préalablement soumis à l'ébullition pendant quelques heures, on en voit toute la substance se déliter pour ainsi dire sous la pression, et se résoudre en grandes cellules pyriformes, allongées, dont les unes sont remplies de grains de fécule (pl. 2, fig. 19 *a*) que l'iode colore en bleu, et dont les autres, qui ont été déchirées par le froissement, sont presque vides ou ne retiennent que des granulations d'un plus petit calibre (*ibid. b*). Ces grandes cellules grosses de fécule ont en général $\frac{1}{5}$ de mill. en longueur sur $\frac{1}{10}$ en largeur.

81. Cette circonstance se représente spontanément et d'une manière assez curieuse, lorsqu'on déchire dans l'eau les rhizomes[2] de *Typha* (Massette de nos étangs). On trouve

(1) *Bullet. des Sciences phys. et chim.* de Férussac, oct. 1827.

(2) On entend, par *rhizome*, le chaume souterrain qui trace dans la terre ou dans la vase, et qui produit de nouvelles tiges de chacun de ses nœuds. Au mois d'août on rencontre moins de tégumens ligneux pleins de fécule que de tégumens vides (*c*) ou à demi pleins (*a*). Au mois d'octobre on commence à ne plus

bientôt au fond du vase une couche féculente. Le liquide qui la surmonte est saturé d'une substance gommeuse et mucilagineuse qui, au contact de l'air, prend une teinte d'un rouge tendre [1]; la fécule, exposée à l'air, contracte aussi, presque instantanément, la même teinte, qu'elle abandonne de nouveau dans l'eau; l'iode ne la colore que faiblement alors, et cela encore en verdâtre et non en bleu. On ne tarde pas à s'apercevoir, à la température ordinaire, que la fermentation s'établit, par des bouffées qui amènent, à la surface du liquide, des nuages blancs qui se désagrégent peu à peu en retombant dans le fond du vase.

82. Ces granulations féculentes possèdent un calibre assez fort pour être observées à la loupe. Mais, à un grossissement supérieur, on obtient l'explication la plus évidente de la cause qui produit la fermentation et la couleur rougeâtre que contracte cette espèce de fécule au grand air. Car, au lieu de grains ordinaires d'amidon (4), on a alors devant les yeux de grands sacs, ou plutôt de grandes cellules (pl. 2, fig; 17, *a*) plus ou moins remplies de grains arrondis et pressés les uns contre les autres. Un assez grand nombre sont vides de ces grains (*c*). L'iode colore en jaune les grandes vésicules, et en bleu les grains dont elles sont remplies, ce qui à l'œil nu produit la couleur verdâtre (*b*).

trouver que des tégumens ligneux pleins de fécule; mais en même temps on remarque des grains hyalins, oblongs, adhérens aux tégumens ligneux, rappelant l'aspect et la configuration des grains ovoïdes de la pomme de terre, ayant les mêmes dimensions que les tégumens ligneux, mais ne se colorant pas comme eux par l'iode. Ce sont probablement des cellules jeunes dans lesquelles doivent se développer des grains de fécule.

(1) Après l'opération de l'extraction de la fécule, il reste entre les mains une filasse blanche devenant rougeâtre au contact de l'air, et qui est dans le cas de fixer l'attention des économistes; car deux de ses fils de 12 centim. de long sur un 8e de millim. de diamètre chacun, liés par leurs extrémités et suspendus à une tige de fer, ont supporté pendant cinq minutes un poids de près de 4 livres. La longueur de ces filamens dépend de celle des entre-nœuds du rhizome d'où on les extrait.

83. On a donc alors devant les yeux les cellules elles-mêmes du tissu cellulaire du rhizome, qui se sont isolées nettement par la désagglutination de leurs parois respectives, et qui recèlent dans leur sein, en plus ou moins grand nombre, les grains d'amidon que chacune d'elles a élaborés.

84. Ces tégumens ligneux du *typha*, plus ou moins ovales, plus ou moins anguleux et à facettes, ont en général $\frac{1}{7}$ de millimètre en longueur sur $\frac{1}{17}$ en largeur et $\frac{1}{10}$ sur $\frac{1}{20}$. Les grains de fécule qu'ils recèlent ont de $\frac{1}{150}$ à $\frac{1}{300}$ de millimètre, et ils paraissent sphériques.

85. Par l'ébullition, ces tégumens ligneux n'acquièrent pas des proportions plus grandes ; mais l'iode colore alors en bleu toute leur capacité, et l'on ne distingue plus ainsi, dans leur sein, aucun granule intègre ; car chaque grain de fécule a éclaté, et son tégument s'est distendu, en sorte que la capacité de la cellule ligneuse s'est trouvée remplie par les tégumens et la substance soluble, et elle se colore en entier de cette manière par le moyen de l'iode. Cette coloration n'a pas lieu sur celles des cellules ligneuses qui, avant l'ébullition, s'étaient montrées vides de grains féculens.

86. On ne se refusera pas, je pense, à croire que, sans le secours du microscope, cette agrégation de cellules féculentes eût formé une nouvelle substance immédiate, qu'on aurait peut-être décorée du nom de *typhine*, et qui n'eût pas manqué d'être considérée comme bien distincte de toutes les autres fécules, par sa couleur rougeâtre et ligneuse que l'iode colore en verdâtre, par la propriété qu'elle a de fermenter spontanément, et avant toute ébullition, dans l'eau pure, enfin par celle de ne point former d'empois par l'ébullition.

§ 10. Hile et structure intime des grains de fécule.

87. Il ne faudrait pas croire que les grains de fécule se trouvent disposés au hasard dans l'intérieur des cellules vé-

gétales. L'idée seule de leur structure vésiculeuse (14) exclut cette supposition; et pour se convaincre à cet égard, il n'est besoin que de faire rouler sous ses yeux, par le mouvement du liquide, quelques-uns de ces tégumens ligneux isolés (fig. 17) des *rhizomes* de type (81); car on observe alors qu'aucun des granules féculens renfermés et même clairsemés dans l'intérieur de la vésicule, ne se déplace, ne se détache, enfin n'est ballotté par la révolution lente ou rapide du tégument sur lui-même; ils tiennent étroitement à la paroi du tégument ligneux, même alors que la vésicule a été déchirée, et que la substance gommeuse qu'elle pouvait renfermer a été dissoute dans l'eau.

88. Or, les grains féculens ne peuvent tenir à une paroi, par un point de leur surface, qu'en supposant que cette adhérence est l'effet de l'organisation même, et non celui de l'agglutination après coup. J'ai appelé ce point d'adhérence le *hile* du grain de fécule. Il est en général impossible d'en apercevoir des traces sur la surface des grains de fécule extraits de la plante, dans leur état d'intégrité; car ce point est trop exigu et il laisse trop peu de traces sur la surface du grain. Mais on aurait autant de tort d'en nier l'existence, par cela seul qu'on ne peut l'apercevoir, que de nier l'existence du *hile* des ovules d'orchis et d'orobanche, par cela seul que, sur d'aussi petits objets, cet organe se soustrait à nos regards.

89. Cependant il est une occasion favorable d'obtenir la preuve directe de l'existence du *hile* du grain de fécule; c'est l'époque un peu avancée (dix à quinze jours) de la germination du blé. Si l'on extrait, à cette époque, de la liqueur renfermée sous le péricarpe, on ne manquera pas de s'assurer que tous les grains de fécule ont éclaté, qu'ils se sont vidés de leur substance soluble; et, comme alors ils sont devenus mous et élastiques, leur *hile* ne casse point d'une manière aussi nette que par les procédés de mouture, et l'on peut l'apercevoir, en imprimant dans l'eau un mouve-

ment de rotation au tégument amylacé. Toutes les fois que le hile arrive sur les côtés de l'image, on l'aperçoit aussi distinctement qu'on le voit dessiné sur l'une des deux figures (18 pl. 2).

90. La même observation révèle un autre fait que je ne puis m'empêcher de croire de la plus haute importance en physiologie. Sous l'influence de l'action lente et progressive de la germination, les grains féculens sont vidés de leur substance soluble, sans que leur tissu se soit ou altéré ou distendu. On aperçoit alors, dans leur intérieur, de grandes vésicules internes qui se cloisonnent en divers sens, et même des granulations qui adhèrent aux parois du tégument colorable en bleu par l'iode, comme ce tégument adhérait primitivement à la paroi du tégument colorable en jaune, c'est-à-dire à la paroi de la vésicule du tissu cellulaire ligneux (86); enfin on a de la fécule dans la fécule. Plus la germination fait de progrès, et plus ces phénomènes se multiplient (65.)

91. En conséquence, le grain de fécule ne se compose pas uniquement d'une vésicule renfermant une substance soluble dans l'eau, mais encore d'un tissu cellulaire interne plus ou moins compliqué.

92. Rappelons-nous que les grains de fécule, depuis l'instant de la fécondation jusqu'à celui de la maturité, croissent dans l'intérieur des vésicules du tissu cellulaire, qu'ils y acquièrent des dimensions et des formes extrêmement variées (6), et nous resterons convaincus que l'analogie aurait suffi pour indiquer d'avance le résultat que l'expérience directe nous a fait découvrir.

§ 11. Caractères physiques des diverses espèces de fécules employées dans les arts, dans l'économie domestique et en pharmacie [1].

93. Je me suis servi, pour dessiner toutes les formes de

(1) La fécule se trouve principalement dans la moelle chez les Palmiers; dans les bulbes et tubercules des Monocotylédones à corolle; dans le périsperme des

diverses fécules renfermées dans la pl. 2, du grossissement de 100 diamètres de mon microscope de Selligue et d'un diaphragme de 0^{m}, 003 de diamètre; et pour les mesurer j'ai fait usage du procédé de la double vue, qui, s'il n'est pas le plus rigoureusement exact, a du moins le mérite d'être le moins dispendieux. Au reste, chaque grain ayant été mesuré de la même manière, il s'ensuit que les figures de la planche 2 sont comparatives; or, il s'agit moins ici d'avoir la mesure mathématiquement exacte de chaque grain de fécule que les proportions des fécules entre elles; et sous ce rapport les figures de la planche 2 ne laissent rien à désirer; en sorte qu'en appliquant une règle divisée en millimètres sur chacune d'elles, on pourrait se passer au besoin des chiffres que nous allons donner dans le texte. Quant aux formes et à l'aspect, il est essentiel de faire observer que les grains de fécule présentent très souvent des différences à cet égard, selon qu'on les observe au sortir des organes du végétal, encore tout frais et tout vivans, pour ainsi dire, ou après une dessiccation soit spontanée soit artificielle (15); la fécule de tulipe nous en offrira un exemple assez frappant [1].

94. Fécule de pomme de terre (*Solanum tuberosum*, L.) pl. 2, fig. 1. Elle affecte les formes les plus variées, et nulle autre espèce connue ne parvient à des dimensions aussi grandes (4 et 9). Au sortir des organes de la plante, on observe, sur la surface de ses grains, des rides concentriques qui disparaissent par la dessiccation. Les plus gros atteignent $\frac{1}{8}$ de millimètre, les plus ordinaires varient entre $\frac{1}{10}$ et $\frac{1}{25}$; ils sont ovales, étranglés en cocons, gibbeux, obscurément triangulaires, arrondis et sphériques, au moins ceux de la

semences des Céréales, dans les rhizomes, tubercules et graines des Cypéracées; dans les tubercules des Solanées, Convolvulacées; dans le périsperme des Polygonées; dans les cotylédons des Légumineuses, etc.

(1) *Bull. des Sc. phys. et chim.*, nov. 1826 et sept. 1827. *Lycée*, numéro du 4 déc. 1831.

plus petite dimension. La pomme de terre est la seule plante dont on consomme la fécule dans les procédés culinaires; c'est celle que l'on peut céder au moindre prix. Pour l'extraire, on lave à grande eau les tubercules, et au besoin on les brosse; on les soumet ensuite à l'action d'une rape mécanique sur laquelle on fait parvenir un filet d'eau, qui entraîne le marc sur un tamis, à travers les mailles duquel la fécule seule se rend dans un vase placé au-dessous de l'appareil. Quand l'opération est terminée, on décante l'eau, on lave la fécule, on décante encore, et cela jusqu'à ce que l'eau n'enlève plus rien de soluble au précipité; et enfin on fait sécher la fécule au soleil ou à l'étuve. La fécule de pomme de terre s'offre alors comme une poudre impalpable et cristalline, ayant dans sa blancheur un léger œil bleuâtre; on peut avancer que c'est celle dont les grains sont le moins altérés.

95. Fécule de la graine (7) de charaigne (*Chara hispida*, L.) fig. 3. — Les grains de cette fécule, qui parviennent à des dimensions presque aussi grandes que ceux de la pomme de terre, sont les plus mous et les plus ombrés que j'aie jamais rencontrés dans mes observations. Avec une pointe on peut les écraser et les vider dans l'eau sans le secours de l'ébullition; il reste alors sur le porte-objet une vésicule que l'on voit figurée en *a*. Le premier grain, en commençant par la gauche de la rangée, est figuré au grossissement de 150 diamètres, afin de mettre mieux en évidence les plis que détermine, sur leur surface, leur affaissement contre le porte-objet. Les plus gros atteignent $\frac{1}{15}$ de millimètre. La cavité de la graine en est remplie, et les cellules qui la renferment sont très-vastes. Pour prouver à combien d'écarts on s'expose, en isolant l'observation physiologique de l'observation chimique, il suffira de rappeler que ces grains de fécule ont été pris, pour les ovules du *chara*, par un jeune chimiste, dans une thèse pharmaceutique sur la fécondation des plantes.

96. Fécule des articulations (7) de la plante précédente (fig. 4). — Il existe encore plus de différence, entre la fécule des articulations de chara et celle de la graine de la même plante, qu'entre les fécules appartenant à deux espèces de plantes éloignées l'une de l'autre dans le système botanique. Celle-ci offre les formes les plus bizarres qui varient à l'infini autour de la forme d'une larme batavique. Les grains atteignent $\frac{1}{14}$ en longueur sur $\frac{1}{20}$ en largeur.

97. Fécule de sagou (extraite de la moelle de certains palmiers, et, dans les Moluques, de celle du *Cycas circinalis*, L., *Sagus farinaria*, Rumph.) fig. 5. — Cette fécule est versée dans le commerce sous la forme de boulettes qui ont environ de 4 à 5 millimètres de diamètre; leur surface est rougeâtre et lisse, leur dureté très grande; aussi, avant de les observer au microscope, il est nécessaire de les laisser séjourner dans l'eau froide pendant quelques heures. Si l'on soumet alors au microscope des fragmens de la superficie de ces boulettes, on s'assure que tous les grains de la fécule ont éclaté; car les tégumens, déchirés, crevassés et entr'ouverts (*aaaa*), se répandent par myriades sur le porte-objet. Au-dessous de cette couche superficielle, les grains, sans avoir éclaté, offrent dans leur sein, et quelquefois sur un point de leur surface, une granulation, une bosselure (*b*) qu'on remarque sur toutes les fécules qui ont été soumises un instant à l'action de la chaleur, après avoir été simplement humectées ou pétries. Dans le centre des boulettes, au contraire, on ne rencontre que des grains intègres et nullement altérés (76). Toutes ces circonstances achèvent de démontrer l'opinion reçue, selon laquelle ces boulettes auraient été torréfiées sur une platine, après avoir été moulées à travers un crible, dont les trous égaux entre eux auraient de 4 à 5 millimètres de diamètre. En manipulant de la même manière la fécule de pomme de terre, on peut faire du *sagou* si ressemblant au sagou exotique, que je suis porté à considérer celui du com-

merce comme n'ayant pas d'autre origine. Le commerce des drogues, qui falsifie presque tout, n'aura sans doute pas négligé une falsification aussi facile.

Les grains de cette fécule qui ont été dilatés par la chaleur atteignent $\frac{1}{10}$ de millimètre.

98. Fécule des bulbes de la pélégrine ou lys des incas (*Alstroemeria pelegrina*, L.) fig. 6. — Par son aspect et par ses formes, elle se rapproche beaucoup de celle de la pomme de terre. Elle est plus fortement ombrée, plus bosselée, et affecte des contours plus bizarres. Les plus gros grains atteignent $\frac{1}{10}$ de millimètre.

99. Fécule d'avoine (*Avena sativa*, L.) fig. 24. — La farine de cette céréale se montre, à l'œil nu, cotonneuse et comme feutrée, à cause de la présence d'une quantité innombrable de poils qui recouvraient la semence de cette céréale. Les grains de fécule ont $\frac{1}{14}$ sur $\frac{1}{33}$ de millimètre; ceux-là paraissent en général jaunâtres et fortement ombrés; quelques-uns ont l'aspect, sans avoir la forme, des grains de fécule de la pomme de terre.

100. Fécule du grand lupin (*Lupinus hirsutus*, L.). — Ses grains sont si peu ombrés qu'on les croirait vides, et réduits à l'état de tégument; ils sont légèrement aplatis, arrondis ou allongés, mais variant dans leurs contours. Ils atteignent $\frac{1}{15}$ de millimètre.

101. Fécule du haricot blanc (*Phaseolus vulgaris*, L.) — Les plus gros atteignent $\frac{1}{15}$ de millimètre; ils sont ovoïdes, allongés en pointe d'un côté, ou très obscurément trigones, mais fortement ombrés sur les bords; ainsi que sur les grains de fève, on observe un grain intérieur enchâssé dans le grain principal.

102. Fécule des tubercules d'igname (*Dioscorea sativa*, L.) fig. 8. — Grains ovoïdes ou linéaires, moins variables que dans les fécules précédentes, et dont les plus gros atteignent $\frac{1}{17}$ de millimètre.

103. Fécule de lentille (*Ervum lens*, L.) fig. 26. —

Après la fécule de pomme de terre et celle de seigle dont nous nous occuperons plus bas, la fécule de lentille est une des plus reconnaissables, en ce que chaque grain se trouve divisé en trois ou quatre compartimens par des lignes courbes et noires qui indiquent la présence de tout autant de cellules internes dans le sein de la cellule principale (90). Les grains en sont en général ovoïdes et dépassent à peine $\frac{1}{17}$ de millimètre.

104. FÉCULE DE FROMENT (*Triticum sativum*, L.) fig. 12. — Les plus nombreux et les plus gros grains de cette fécule ne dépassent pas $\frac{1}{20}$ de millimètre ; ils sont sphériques : on les voit accompagnés de tégumens vidés, déchirés, qui proviennent des grains de fécule écrasés par la meule. Ils sont bien plus lisses, plus arrondis et mieux conservés, quand on les extrait de la semence encore un peu verdâtre et non desséchée sur pied. On l'extrait de la manière suivante pour l'usage des lingères qui la préfèrent comme *empois*, dans le repassage du linge fin. Les *Amidonniers* déposent dans de grandes cuves la farine grossièrement moulue et sans se donner la peine même d'en séparer le son ; ils utilisent même les recoupettes et les blés gâtés. Ils délaient la farine dans une certaine quantité d'eau, à laquelle ils ajoutent un peu d'*eau sûre*, qui est le produit d'une opération précédente. Le sucre et le gluten que renferme la farine ne tardent pas à réagir l'un sur l'autre, pour produire d'abord de l'*alcool*, de l'*acide carbonique*, puis de l'*acide acétique* qui achève de dissoudre le restant du gluten. C'est cette eau qu'on nomme première *eau sûre* ou *eau grasse;* elle est trouble et gluante. Elle renferme, d'après Vauquelin, de l'acide acétique, de l'alcool, de l'acétate d'ammoniaque, du phosphate de chaux, et du gluten. Après avoir lavé le dépôt par décantation, on le délaie dans l'eau, et on verse le tout sur un tamis de crin placé au-dessus d'un tonneau. Le son le plus grossier reste sur le tamis ; la fécule passe avec le plus fin à travers, et se dépose mêlée à ce dernier. On les agite

de nouveau dans l'eau; la fécule se sépare, par sa pesanteur spécifique, du son qui reste presque tout entier à la surface du précipité, lequel prend le nom de *gros noir*. Alors on enlève la première couche avec une pelle, la seconde et la troisième en rinçant à deux reprises la partie supérieure de la masse restante ; on délaie le résidu dans l'eau , et on le jette sur un tamis de soie plus ou moins fin. On sépare ainsi une nouvelle quantité de son, et l'on n'a plus qu'à laisser déposer la fécule et à la rincer pour l'obtenir pure. On la dessèche enfin, en moulant le précipité dans des paniers d'osier garnis d'une toile non adhérente que l'on va renverser au grenier sur une aire faite en plâtre ; ces blocs doivent être rompus à la main. Les morceaux sont exposés à l'air pendant quelques jours; on racle ensuite leur superficie, et on les met à l'étuve pour les sécher entièrement. Les grumeaux d'amidon s'offrent alors avec des cannelures qui sembleraient indiquer une cristallisation grossière, mais qui ne proviennent réellement que de l'action de l'eau qui les creuse en s'écoulant. Cet amidon ainsi obtenu est toujours plus tenace et moins friable que celui de pomme de terre, à cause d'une certaine quantité de gomme et de gluten que ses molécules, en se précipitant, emprisonnent entre elles. Nous reviendrons sur les modifications de cette opération en nous occupant des applications aux arts. Ce procédé convient à l'extraction de la fécule de tous les organes qui renferment du gluten, à l'orge par exemple, dont les amidonniers se servent tout aussi bien que du froment.

105. FÉCULE DU SEIGLE (*Secale cereale*, L.) fig. 25. — Les grains les plus gros de cette fécule atteignent $\frac{1}{20}$ de millimètre; mais ce qui les distingue de toutes les autres fécules, c'est qu'ils sont aplatis et à bords tranchans comme des disques, et marqués pour la plupart, sur une de leurs faces, d'une croix noire ou de trois rayons noirs réunis au centre du grain.

106. FÉCULE DE FÈVE DE MARAIS (*Vicia faba*, L.) fig. 7. —

Les grains sont ovoïdes ou réniformes, offrant souvent dans leur sein un grain interne comme enchâssé dans le principal, quelques-uns affaissés et presque vidés; ils atteignent $\frac{1}{20}$ de millimètre. La fécule des semences des légumineuses se trouve dans les cotylédons.

107. Fécule de pois vert (*Pisum sativum*, L.) fig. 11. — Les grains de cette fécule affectent à peu près les dimensions de celle de la fève et les formes de celle de la pomme de terre; à l'état frais ils sont tout aussi fortement ombrés sur les bords que ceux de la pélégrine (98); leur surface est bosselée. Les plus gros atteignent $\frac{1}{20}$ de millimètre.

108. Fécule des bulbes de tulipe (*Tulipa gesneriana*, L.) fig. 9. — Les plus nombreux sont assez uniformes dans leur aspect et dans leur configuration; lorsqu'on les examine au sortir des bulbes de la plante, ils offrent, sur la surface éclairée, des rides concentriques, chatoyantes, dont la concavité regarde l'extrémité la plus effilée. Ces rides disparaissent par la dessiccation, exactement comme les rides d'un papier mouillé s'effacent, à mesure que le papier s'étend par l'évaporation de l'eau dont il était imprégné. Ces jolis grains pyriformes un peu aplatis atteignent $\frac{1}{20}$ de millimètre, mais je les ai dessinés ici à un grossissement une demi-fois plus fort que les autres, afin de mieux mettre en évidence leurs rides.

109. Fécule des tubercules d'iris de Florence (*Iris florentina* ou *germanica*) fig. 13 et 14. — Les figures 13 représentent les formes de cette fécule, lorsqu'on l'observe extraite d'un tubercule radiculaire encore jeune (au mois de juin par exemple); les figures 14, au contraire, les formes qu'offre cette fécule au sortir d'un tubercule plus âgé; car on trouve alors que les grains de fécule ont grossi, végété pour ainsi dire, et qu'ils ont contracté les formes les plus bizarres. Dans le premier cas ces grains ne dépassent pas $\frac{1}{100}$ de millimètre; dans le second ils atteignent jusqu'à $\frac{1}{20}$ sur $\frac{1}{33}$. Cet accroissement est plus rapide même au printemps, lors-

qu'on abandonne à eux-mêmes, au contact de l'air, des tubercules d'iris récemment extraits de la terre. En quinze jours les grains de fécule sont parvenus à leur *summum* d'accroissement (fig. 14). C'est avec cette fécule qu'on parfumait l'amidon de froment dont on se servait, sous le nom de *poudre à poudrer*, pour *enfariner* les perruques de nos ancêtres.

110. FÉCULE ENVOYÉE DES ANTILLES SOUS LE NOM SUPPOSÉ DE FÉCULE DE TOPINAMBOUR (fig. 11). — On présenta en 1826, à la Société philomatique, une fécule envoyée par L'herminier, et on la donna comme provenant des topinambours d'Amérique. Les tubercules radiculaires de topinambours cultivés en France ne donnent qu'une fécule non colorable par l'iode, dont nous aurons à nous occuper plus bas. Quoique physiologiquement parlant, le fait communiqué à la Société ne me parût pas impossible, cependant il était trop singulier pour ne pas avoir besoin d'une plus grande confirmation, avant d'être enregistré dans les fastes de la science. Depuis cette époque L'herminier est revenu en France, et il m'a assuré que c'est par erreur qu'on avait attribué cette fécule aux topinambours ; mais il n'a pas pu se souvenir du végétal d'où elle avait été extraite. Quoi qu'il en soit, les plus gros grains de cette fécule, qui varient autour de la forme sphérique, atteignent $\frac{1}{25}$ de millimètre.

111. ARROW-ROOT ou FÉCULE DES TUBERCULES DU LANGUAS A FEUILLES DE BALISIER (*Maranta arundinacea*, L.). — « L'arrow-root, dit Berzélius (*Chim. trad.* 1832, tom. V, p. 213), étant très estimé par quelques médecins comme fortifiant, on le vend très cher, en sorte qu'on a cherché à le distinguer d'une manière sûre des autres espèces d'amidon. D'après Guibourt on le reconnaît sous le microscope, en ce que les grains d'arrow-root sont TRANSLUCIDES et plus PETITS que ceux d'amidon de pommes de terre, quoique leur forme et leur volume soient aussi variables. » Tout en félicitant Berzélius de sa bienveillance nouvelle envers les obser-

vations microscopiques, nous ne pouvons nous empêcher de déplorer l'espèce de complaisance qui l'entraîne à enregistrer, dans les catalogues qu'il revêt de l'autorité de son nom, des observations au moins aussi superficielles que celles qu'il emprunte à Guibourt [1]. D'après les caractères assignés par ce dernier à la fécule d'arrow-root, il y a en France peut-être cent végétaux dont la fécule pourra être confondue avec cette substance brasilienne. Quelle fécule n'est pas translucide? et quelle fécule est plus translucide que celle des solanum? Ensuite quelle fécule, à l'exception de la fécule de la graine de *chara* (95), n'a pas les grains plus petits et le volume tout aussi variable que celle de la fécule de pomme de terre? Quant aux formes, combien n'en existe-t-il pas dont les formes varient à l'infini? Il suffit pour cela de jeter un coup d'œil sur la planche 2. Mais, par un hasard assez malencontreux, il arrive que, bien loin d'être translucides, les grains d'arrow-root sont plus fortement ombrés que tous ceux que nous avons déjà observés, et ils offrent des caractères que nous n'avons jamais rencontrés sur ces derniers; les voici :

La fécule d'arrow-root examinée en grand a un œil cristallin, mais mat; elle est plus rude au toucher que celle de pomme de terre et presque autant que celle d'amidon de froment; elle renferme des grumeaux qui résistent à la pression et craquent sous les doigts. Examinée dans l'eau au microscope, elle offre des groupes de cinq à six et même de dix à douze grains, que le mouvement le plus rapide et l'agitation la plus prolongée ne parviennent pas à désassocier, et qui voyagent de compagnie dans le liquide.

Mais ce qu'il y a de plus distinctif dans les caractères physiques de cette fécule, c'est que chacun de ces grains représente une moitié, un quart, un tiers, etc. de sphère solide, que d'autres sont de petits cylindres ayant une extrémité

(1) Voyez l'analyse et la critique du travail de Guibourt. *Annal. des sciences d'observation*, tom. II, n° 1, pag. 90. Avril, 1829.

arrondie en calotte et l'autre aplatie, enfin que d'autres ressemblent exactement à des molettes de peintre; en sorte que chacun de ces grains a toujours une ou plusieurs surfaces anguleuses, dont la réfraction produit ces ombres si fortes et si variées que l'on observe sur les contours de l'image microscopique; on croirait quelquefois avoir des cristaux devant les yeux. Cette structure est telle que la description écrite est plus propre à la faire connaître que la figure la plus exacte. En outre on aperçoit très souvent, à travers leur face translucide, des lignes noires entrecroisées tantôt en T, tantôt en étoile, comme dans la fécule de seigle (105) et, en faisant rouler les grains sur eux-mêmes par le mouvement imprimé au liquide, on s'assure que ces signes ne sont nullement superficiels, qu'ils existent au contraire dans le sein même du grain, ce qui indique un retrait de cloisons cellulaires analogues à celles que nous avons observées dans la lentille (103); les plus gros grains ne dépassent pas $\frac{1}{25}$ de millimètre. Par l'adhérence tenace d'un grand nombre de ces grains entre eux, et par les surfaces anguleuses qu'ils ont contractées en s'agglutinant, tout en conservant une de leurs surfaces courbes, on serait porté à penser que cette fécule composée de grains arrondis et un peu mous, a été traitée immédiatement après son extraction par la chaleur assez élevée d'une étuve. Ce qui me confirmerait dans cette pensée, c'est que, par une ébullition assez prolongée qui suffit pour étendre les tégumens de la fécule de pomme de terre, jusqu'à leur faire acquérir vingt à trente fois leur premier diamètre, les tégumens de la fécule d'arrow-root atteignent à peine quatre fois le volume du grain intègre; cela explique pourquoi Pfaff a trouvé que 10 grains d'amidon d'arrow-root bouillis dans une once d'eau ne donnent qu'un liquide mucilagineux, tandis que la même quantité de fécule ordinaire donne, dans la même quantité d'eau, une masse gélatineuse, un véritable *empois* (54).

112. FÉCULE DE LA VESCE CULTIVÉE (*Vicia sativa*, L.). —

Les plus gros grains atteignent $\frac{1}{25}$ de millimètre. Ils affectent, sinon l'aspect, du moins les formes des grains de fécule de pomme de terre; les grains oblongs offrent une fente longitudinale analogue au *hile* de certaines semences. La fécule de la *variété blanche*, outre les caractères précédens, se rapproche de la fécule de *lentille* (103) par deux ou trois compartimens qu'on remarque sur un assez grand nombre de ses grains.

113. Fécule de marron d'Inde (*Æsculus hippocastanum*, L.). — Les grains de fécule varient en grosseur selon la grosseur et selon l'âge du marron; ils sont très irréguliers, étranglés dans le milieu de leur longueur comme des cocons de vers à soie, ou en forme de reins et de larmes bataviques; ils sont fortement ombrés sur les bords; les plus gros grains de fécule ne dépassent pas $\frac{1}{33}$ en longueur.

Les fruits du marronnier, si riches en fécule et si abondans sur les beaux arbres qui décorent nos promenades, restent sans profit, à cause de la substance amère et de la grande quantité de potasse qui altèrent la qualité de sa fécule et la rendent impropre à l'alimentation. Cependant, au moyen de manipulations bien simples, il serait facile d'utiliser ce fruit, et d'en obtenir 30 sur 100 de fécule, tandis que la pomme de terre ne donne que 22 sur 100 de cette substance. Il suffirait en effet de râper les marrons comme on le fait pour la pomme de terre (94), de laver le dépôt avec de l'eau très légèrement (23) acidulée par de l'acide sulfurique, de laver ensuite à grande eau pour enlever toute acidité. La fécule serait ainsi dépouillée de tout ce qui peut la rendre désagréable et nuisible. On pourrait peut-être obtenir le même effet, en se servant du procédé des amidonniers (104), et provoquant la fermentation par l'addition de gluten ou autre substance fermentescible. Vergnaud recommande la pulpe extraite du marron et réduite en empois sans aucune autre préparation, comme un excellent *parement* (colle) pour les tisserands, à cause du sel déliquescent qu'elle renferme et qui permet-

trait de travailler la toile dans un local autre que les lieux humides et malsains où les ouvriers sont forcés de placer leurs métiers, afin d'empêcher le parement de se dessécher.

114. FÉCULE DE CHATAIGNE (*Castanea vesca*, L.). — Se rapprochant beaucoup du marron d'Inde pour l'aspect et les dimensions, mais s'en éloignant par la forme qui imite deux ou trois formes de la pomme de terre, les grains de fécule bien conservés et fortement ombrés sur les bords sont oblongs, triangulaires, arrondis, sphériques, rarement réniformes; ils dépassent à peine $\frac{1}{33}$ de millimètre. La châtaigne remplace le pain pour les habitans de cinq à six départemens de la France, pendant près de six mois de l'année.

115. FÉCULE DE TAPIOKA (*Janipha manihot*, L.) fig. 15. — Les grains de fécule de cette racine ne dépassent pas $\frac{1}{35}$ de millimètre. Ils affectent la forme arrondie, et offrent, dans leur centre, un point noir qui provient d'un jeu de lumière dû à quelque circonstance de leur structure interne, ou à une dépression de leur surface.

116. FÉCULE D'ORGE (*Hordeum vulgare*, L.). — Les grains de cette fécule, qui ne dépassent pas $\frac{1}{40}$ de millimètre, ont l'aspect et les formes de la fécule de froment. Les amidonniers soumettent la farine d'orge aux mêmes procédés que cette dernière pour en obtenir de l'*amidon*.

117. FÉCULE DE MAÏS (*Zea maïs*, L.). — Presque tous les grains de cette fécule sont endommagés par la meule, à cause de la grande adhérence que l'huile, la gomme et le sucre, que renferme le périsperme de cette céréale, leur font contracter par la dessiccation. La plupart restent agglutinés entre eux, et présentent l'aspect d'un tissu cellulaire à petites mailles; tous sont plissés et plus ou moins ridés, et plus ou moins irrégulièrement arrondis; les plus gros dépassent à peine $\frac{1}{40}$ de millimètre, et ce ne sont pas les plus nombreux. Mais si, au lieu d'examiner la fécule dans la farine moulue, on l'examine au sortir de la semence jeune et à l'époque où le périsperme est, pour ainsi dire, encore lai-

teux, les grains ont alors un tout autre aspect; ils sont parfaitement sphériques, lisses, intègres; en sorte que, toutes proportions gardées, il me paraîtrait évident qu'on obtiendrait plus de fécule, par l'expression des semences prises un peu avant l'entière maturité, que par la mouture des semences mûres (104). Car les grains intègres et non crevassés tomberaient au fond du liquide par la première méthode, tandis que par la seconde, ayant été altérés, brisés, déchirés par la meule, ils cèdent à l'eau leur substance soluble, et restent suspendus dans le liquide avec la légèreté de simples tégumens. Voilà pourquoi Parmentier, qui a fait usage de la seconde méthode pour analyser le maïs, a obtenu si peu de fécule de la farine de cette céréale (*Mém. sur le maïs*, Bordeaux, 1785, in-4°).

118. Fécule d'orchis, ou salep (*Orchis morio*, *mascula*, *pyramidalis*, *latifolia*, *conopsea*, *maculata*, L., et autres orchis indigènes). — Depuis plus de quatre-vingts ans, les auteurs français de matière médicale recommandent le salep indigène comme un excellent succédané du salep asiatique. On l'obtient, en lavant les tubercules d'orchis dans l'eau fraîche, les enfilant à la manière d'un chapelet, et les faisant bouillir dans l'eau pendant vingt à trente minutes, c'est-à-dire jusqu'à ce que l'on s'aperçoive qu'ils commencent à se réduire en mucilage. On les retire alors de l'eau, et on les fait sécher au soleil ou à l'étuve. Une discussion s'éleva, il y a quelques années, parmi les membres de la section de pharmacie de l'École de médecine. Vauquelin assurait que les tubercules d'orchis renfermaient abondamment de la fécule; Robiquet au contraire soutenait ne pas y en avoir trouvé de traces; et comme il est impossible de se méprendre en grand sur les caractères de la fécule, et que les deux auteurs étaient également recommandables par l'esprit d'exactitude avec laquelle ils procédaient dans toutes leurs recherches, on était porté naturellement à conclure que le même organe pouvait contenir de la fécule

ou en être privé totalement dans la même espèce ; mais voici l'explication de l'anomalie.

La tige d'*orchis* sort d'un tubercule qui la nourrit et qui par conséquent s'épuise de jour en jour. Mais à mesure que la tige commence à surgir de ces tubercules, il part, entre plusieurs radicelles simples, un nouveau tubercule qui grossit de plus en plus, et qui doit survivre à la tige ainsi qu'au tubercule maternel, afin de propager l'espèce. S'il arrive à un chimiste de chercher de la fécule dans le tubercule sphacélé, il n'en trouvera certainement pas, et c'est probablement ce qui est arrivé à Robiquet ; mais ce même tubercule en avait possédé avant de se sacrifier à la nutrition de la tige. Si on en cherche dans le nouveau tubercule trop jeune, on n'en trouvera pas davantage. En conséquence il faut cueillir les tubercules d'orchis immédiatement après que les fleurs de la tige commencent à passer ; c'est l'époque où le tubercule nouveau est le plus riche en fécule et en arôme.

Les grains de fécule d'orchis, examinés avant d'avoir été réduits en salep par l'ébullition, apparaissent sphériques, et ne dépassent pas, les plus gros du moins, $\frac{1}{100}$ de millimètre ; dans quelques espèces ils restent même à la grosseur de $\frac{1}{200}$.

119. Fécule de sarrasin (*Polygonum fagopyrum*, L.). — La farine en est jaune comme le pollen de cèdre ; les grains de fécule en sont si petits qu'ils atteignent rarement $\frac{1}{100}$ de millimètre. Le tissu cellulaire qui les contient s'éclate, sous la meule, en fragmens anguleux de $\frac{1}{7}$ à $\frac{1}{10}$ de millimètre qui, par leurs facettes et leur aspect jaunâtre, rappellent les granules graisseux que l'on voit figurés par réfraction sur la pl. 7, fig. 4. Par l'effet d'une certaine macération, on parvient à distinguer les grains de fécule dans le sein de ces fragmens.

Tableau des dimensions les plus grandes auxquelles parviennent les grains des fécules ci-dessus énumérées.

Noms des plantes.	Organes d'où on les extrait.	Dimensions en millimètre des grains de fécule.	Figures de la pl. 2 qui les représentent.
Massette (*Typha*, L.) (81)	rhizomes	1/7	17
Pomme de terre (*Solanum tuberosum*, L.)	tubercules	1/8	1
Charaigne (*Chara hispida*, L.)	graine	1/10	3
Sagou (*Cycas circinalis*, L.)	moelle	1/10	5
Lys des Incas (*Alstroemeria pelegrina*, L.)	bulbes	1/10	6
Avoine (*Avena sativa*, L.)	périsp. des semences	1/14 sur 1/35	24
Charaigne	articulations	1/14 sur 1/20	4
Lupin (*Lupinus hirsutus*, L.)	cotyléd. de l'embryon	1/15	
Haricot (*Phaseolus vulgaris*, L.)	*ibid.*	1/15	
Igname (*Dioscorea sativa*, L.)	tubercules	1/17	8
Lentille (*Ervum lens*, L.)	cotyléd. de l'embryon	1/17	26
Froment (*Triticum sativum*, L.)	périsp. des graines	1/20	12
Seigle (*Secale cereale*, L.)	*ibid.*	1/20	25
Fève des marais (*Vicia faba*, L.)	cotyléd. de l'embryon	1/20	7
Pois vert (*Pisum sativum*, L.)	*ibid.*	1/20	11
Tulipe (*Tulipa gesneriana*, L.)	bulbes	1/20	9
Iris (*Iris florentina et germanica*, L.)	rhiz. pris en octobre	1/20	14
Arrow-root (*Maranta arundinacea*, L.)	tubercul. des racines	1/25	
Fausse fécule de topinambour d'Amérique		1/25	11
Vesce (*Vicia sativa*, L.)	cotyléd. de l'embryon	1/25	
Nénuphar (*Nymphæa lutea*, L.)	racines	1/25	
Orobanche (*Orobanche ramosa*, L.)	base tubéreuse de la tige et ovaire	1/25 sur 1/50	
Marron d'Inde (*Æsculus hippocastanum*, L.)	cotyléd. de l'embryon	1/33	

Noms des plantes.	Organes d'où on les extrait.	Dimensions en millimètre des grains de fécule.	Figures de la pl. 2 qui les représentent.
Châtaigne............... (*Castanea vesca*, L.)	*ibid.*	1/33	
Tapioka..................... (*Janipha maniot*, L.)	racines	1/35	15
Orge....................... (*Hordeum vulgare*, L.)	périsp. des graines	1/40	
Maïs....................... (*Zea maïs*, L.)	*ibid.*	1/40	
Orchis..................... (*Orchis latifolia*, L.)	tuberc.uniq.de l'ann.	1/50	
Souchet comestible.......... (*Cyperus esculentus*, L.)	tubercules nombreux	1/70	
Bryoine.................... (*Bryonia alba*, L.)	racines	1/70	
Patate..................... (*Convolvulus batatas*, L.)	gros tuberc. en navet	1/75	
Iris....................... (*Iris florentina*, L.)	rhizomes de juin	1/100	13
Petit millet............... (*Panicum miliaceum*, L.)	périsp. de la semence	1/400	

N. B. Je n'ai noté dans ce tableau que les dimensions les plus grandes des grains de fécule, négligeant de mentionner les plus petites qui ont pour limite la puissance de nos moyens d'observation, et les intermédiaires qui varient à l'infini et affectent toutes les fractions possibles du millimètre.

§ 12. Substance féculoïde des lichens.

120. On a beau triturer les lichens, ils ne donnent aucune poudre que l'on puisse assimiler, par ses formes et ses caractères physiques, aux fécules dont nous venons de parler dans les précédens paragraphes. Cependant, si l'on plonge les expansions du *lichen d'Islande* (*Lichen islandicus*, L.)[1] dans une solution d'iode, ses expansions grisâtres ne tardent pas à prendre une couleur bleue ou violette, qui devient de plus en plus foncée, et que de loin on croirait brune. Une fois sèches, ces expansions imitent, à s'y méprendre, celles des plantes marines de la famille des *fucus* dont on extrait l'iode; et leur exposition prolongée à l'air

(1) Ce que nous disons du lichen d'Irlande s'applique également aux espèces suivantes : *lichen plicatus, barbatus, fastigiatus, fraxineus,* etc.

dans cet état ne les dépouille pas de cette couleur. Il n'en est pas de même, si on les tient exposées à l'air dans l'eau; elles ne tardent pas à perdre cette coloration brune violette, pour reprendre leur première couleur gris-verdâtre. L'eau favorise l'évaporation de l'iode qui s'était attaché au tissu du lichen; mais elle ne donne aucun indice de la formation d'un acide qui puisse faire présumer que l'iode n'a abandonné le tissu qu'en décomposant l'eau pour former un hydracide et un oxacide [1].

121. Soumises à une ébullition prolongée dans l'eau, et après avoir été plus ou moins divisées, ces expansions se

(1) Il n'y aurait rien d'invraisemblable à penser que c'est à la combinaison de l'iode avec une substance féculoïde que les *fucus* doivent la couleur violet-sombre ou purpurine qui les distingue. L'incinération n'aurait d'autre effet que de reporter sur la potasse, que renfermaient préalablement certains organes des *fucus*, l'iode abandonné par la combustion de la substance organique. On pourrait objecter que l'iode tend à abandonner la fécule plongée dans l'eau, et à s'évaporer ou à se combiner avec les bases terreuses dissoutes ou suspendues dans le liquide. Mais on peut répondre que cet effet ayant lieu sur des organes bruts et sans vie, rien ne porte à croire qu'il aurait également lieu lorsque l'iode serait combiné avec des organes doués de vitalité et surtout entourés d'un mucilage organisé, qui protégerait la combinaison contre l'invasion de l'eau ambiante. D'un autre côté, je soupçonnais que le sel marin pourrait bien être un agent protecteur de cette combinaison colorée entre l'iode et la substance organique des *fucus*, et que nos *lichens* colorés en bleu par l'iode pourraient bien à leur tour conserver plus long-temps leur coloration dans l'eau salée que dans l'eau pure. L'expérience m'apprit que je ne m'étais pas trompé; mais il faut avoir soin, dans cette expérience, d'employer un sel marin pur de tout mélange capable de saturer l'iode par des bases terreuses. La coloration bleue se conserverait peut-être indéfiniment dans un semblable liquide, si l'on pouvait y reproduire les circonstances que l'on retrouve dans les flots de la mer. Car on sait que l'eau salée, et même saturée de sel marin, est bien loin d'être un antiseptique pareil à l'eau de la mer agitée par les vents; la décomposition de l'être organisé le plus vivant ne tarde pas à s'y manifester dans nos vases. En conséquence l'iode doit être tôt ou tard forcé d'abandonner la substance organique conservée dans l'eau salée, pour se porter sur l'ammoniaque produit par la marche de la décomposition, et la substance ne tarde pas à se décolorer. Quoi qu'il en soit, cette expérience, malgré toute son imperfection, ne laisse pas que de rendre plus que probable l'hypothèse qui nous était venue dans l'esprit au sujet des *fucus*.

ramollissent, deviennent flasques en conservant leur couleur hyaline, transparentes et plissées sur leur surface, et elles offrent, çà et là enchâssés dans leur tissu, des grumeaux opaques, d'un vert tendre, de formes et dimensions variables, mais dépassant rarement 1 millimètre ou 2 millimètres au plus, et qui ne sont autre chose que des organes résineux[1]. L'eau est chargée d'une substance coagulable par l'alcool et par tous les réactifs qui coagulent la substance soluble de la fécule (27), et elle se colore en bleu par une forte solution d'iode; mais à l'œil nu on distingue très bien, à travers ce bleu, des particules infiniment petites, qui restent blanches et rendent le liquide louche et à demi laiteux, quoiqu'au microscope l'eau n'offre rien qu'on puisse assimiler à des tégumens; au bout de vingt-quatre heures, ces particules se précipitent au fond du vase, et si on a eu soin de colorer préalablement le liquide par l'iode, on distingue alors dans le fond une couche incolore, blanche avec une légère teinte bleue, surmontée par un liquide limpide et d'un bleu franc, qu'on peut ainsi décanter et obtenir séparément; c'est la substance soluble de la fécule obtenue à l'état de pureté. Cette substance prend une teinte jaunâtre due à une matière colorante qui, étant également soluble dans l'eau, ne peut être isolée; ce qui prouve l'existence des tégumens colorables par l'iode, c'est que l'ébullition la plus prolongée des fragmens de ces expansions, en les dépouillant de presque toute leur substance soluble, n'enlève jamais au tissu insoluble la faculté de se colorer en bleu plus ou moins violâtre par l'iode.

(1) Ces organes, qu'aucun cryptogamiste n'a encore mentionnés, parce qu'on ne les aperçoit qu'après avoir dépouillé le tissu d'une grande partie du mucilage par l'ébullition, ces organes, dis-je, ne seraient-ils pas les analogues des organes mâles des végétaux d'un ordre supérieur (*Voir ci-après l'analyse du pollen*)? Quant aux organes femelles, on s'accorde généralement à les reconnaître dans les petites capsules qui naissent sur les bords des expansions de ces sortes de lichens. Lorsqu'on plonge dans une solution d'iode une expansion crue, ces organes mâles se dessinent sur la couleur bleue comme des taches jaunes.

122. Quand on observe au microscope une de ces expansions colorées par l'iode, il est facile de s'assurer que la substance féculente ne se trouve pas dans l'enveloppe externe, d'où partent immédiatement les papilles qui à l'œil nu apparaissent comme des cils. Car on voit distinctement cette enveloppe externe et ses cils se détacher sur les bords, avec leur transparence, leur couleur jaunâtre et leur contexture granulée, de la masse interne qui est opaque et colorée en bleu très foncé.

123. Il résulte de ces observations que les lichens renferment la substance soluble de la fécule dans des tégumens qui refusent de s'isoler les uns des autres, et restent emprisonnés, avant comme après l'ébullition, dans le tissu qui les engendre. La fécule de *massette* (81) nous a présenté un phénomène intermédiaire entre celui que nous offrent les lichens et celui que nous offrent les autres végétaux qui renferment de la fécule. Si donc je me suis servi de l'expression de *substance féculoïde de lichen*, c'était moins pour désigner une nouvelle substance chimique qu'une nouvelle modification physique d'une substance identique.

124. Cependant les chimistes en ont jugé autrement, et si leurs expériences représentaient fidèlement ce qui se passe dans la nature, il faudrait, contre leur sentiment, classer la substance féculente des lichens bien loin des fécules ordinaires. Mais il est assez facile de prouver que la substance qu'ils ont décrite est le produit du laboratoire et non celui de la végétation. « D'après Berzélius (*Chim. trad.*, tom. « V, p. 210), on extrait l'amidon des lichens de la manière « suivante : on hache le lichen très fin, et l'on en fait digé- « rer une livre dans dix-huit livres d'eau dans laquelle on « a dissous une once de POTASSE DU COMMERCE. On laisse le « lichen pendant vingt-quatre heures dans cette eau, en « ayant soin de remuer souvent le mélange. L'alcali dissout « un principe amer [1], presque insoluble dans l'eau, ET LA

(1) Ce principe amer réside sans aucun doute dans les organes mâles dont

« LIQUEUR SE COLORE EN BRUN. On pose le lichen sur un lin-« ge, on laisse égoutter la lessive, puis on la fait macérer « avec une nouvelle quantité d'eau, et l'on continue ainsi « tant que celle-ci paraît amère et alcaline. Le lichen ne « doit pas être exprimé; car pendant ce traitement UNE « GRANDE QUANTITÉ D'AMIDON A ÉTÉ MISE A NU, et suit l'eau « sous forme de petits grumeaux transparens. On fait « bouillir alors le lichen avec neuf livres d'eau jusqu'à ce « qu'il n'en reste que six livres, on passe la dissolution « toute chaude à travers un linge, et on exprime le résidu. « La liqueur filtrée est limpide et incolore; pendant le re-« froidissement, elle se couvre d'une pellicule, et se prend « à la fin en une gelée opaque, grisâtre, qui se contracte « peu à peu, se fendille, et rejette le liquide dans lequel elle « était dissoute; si on la suspend dans une toile de lin, ou « qu'on la laisse sur du papier gris, le liquide s'écoule peu « à peu. Complètement desséchée, elle est noire, dure et à « cassure vitreuse. Dans l'eau elle se gonfle et perd sa cou-« leur, qui provient d'une matière extractive devenue inso-« luble; dissoute dans l'eau bouillante, elle donne après le « refroidissement une gelée tout-à-fait incolore, mais opa-« que. Elle a une légère odeur de lichen, mais point de sa-« veur; elle est insoluble dans l'alcool et dans l'éther, peu « soluble dans l'eau froide. Dans l'eau bouillante l'amidon « se rassemble à la surface de la liqueur SOUS FORME D'UNE « PEAU qui se contracte peu à peu, forme UN CORPS RABO-« TEUX, SE DESSÈCHE ET POSSÈDE TOUTES LES PROPRIÉTÉS DE « L'AMIDON. Par une ébullition prolongée long-temps, l'ami-don de lichen perd la propriété de se prendre en gelée. L'IODE LE COLORE FAIBLEMENT, la couleur produite tient du BRUN ET DU VERT, etc. »

ous avons déjà parlé, de même que la substance que les uns ont désignée sous : nom de corps gras résineux, et les autres sous celui de cire, et qui n'est au-'e chose que l'association artificielle de la cire et de la résine qu'on rencontre ans les pollens ordinaires.

125. Voilà certes une bien singulière fécule qui, obtenue à l'état de la plus grande pureté, s'il faut en juger au moins par la complication des procédés, ne se colore plus comme l'amidon, mais bien en brun verdâtre, n'est plus blanche, mais brune et noire après la dessiccation, se coagule comme l'albumine par l'ébullition, et qui est alors insoluble à froid dans l'eau; vraiment les chimistes n'ont pas été conséquens avec eux-mêmes, en conservant à cette substance le nom d'amidon; on a créé des dénominations nouvelles sur des caractères bien moins nombreux et bien moins tranchés. Heureusement, comme je l'ai déjà fait observer, tous ces caractères sont artificiels, et je le prouve.

126. La substance soluble de la fécule des lichens, obtenue par le procédé si simple que j'ai indiqué, a tous les caractères de solubilité, d'aspect et de coloration des substances solubles de toutes les autres fécules. Obtenue par les procédés compliqués de Berzélius, elle a tout perdu de ce qui la constituait fécule, hors le nom que veut bien lui laisser l'auteur. Il est facile de concevoir qu'il y a ici altération et non isolement d'une substance; or cette altération est incontestablement le fait de la potasse dans laquelle on a laissé digérer les fragmens de lichen. Cet alcali s'est introduit dans le tissu, de manière que par les plus grands lavages il serait impossible de l'en séparer; sa présence altère et ce tissu et les substances organiques qu'il renferme, ainsi que nous aurons l'occasion de le faire remarquer plus bas, en nous occupant spécialement des effets de ces sortes d'altérations. Nous y verrons que le dernier résultat des altérations produites par cet alcali est de coaguler les substances solubles et gommeuses, de les jaunir et de les carboniser plus ou moins. Il n'y a donc rien d'étonnant que la substance féculente que nous avons obtenue si blanche, si soluble et se colorant en si beau bleu par l'iode, Berzélius l'ait obtenue sous forme de peau noire, à cassure vitreuse, se colorant en vert brun par l'iode et refusant de se

redissoudre même dans l'eau chaude. Quelle si grande nécessité existe-t-il donc de traiter le lichen par la potasse? Pour dissoudre la substance amère? mais celle-ci est si peu soluble dans l'eau que sa présence modifiera à peine la saveur de la substance soluble; du reste vous en tiendrez compte. D'un autre côté, la potasse ne dissout pas toute la quantité de cette substance amère, car quelque divisés que soient les fragmens de lichen, il y aura toujours des portions si bien emprisonnées dans le tissu, que la potasse ne pourra pas les extraire, à moins d'être employée en quantité telle que les tissus en seraient tout altérés. Ainsi, même après ce traitement, le liquide renfermera toujours, quoi qu'on fasse, une certaine quantité de cette substance amère. D'un autre côté, l'eau alcalisée dissoudra, outre cette substance amère, une immense quantité de substance soluble de la fécule, en sorte que, d'après le traitement de Berzélius, les lichens épuisés par les lavages renfermeront bien plus de ce mucilage coagulable et précipitable que d'amidon, et le résidu de l'ébullition et de la dessiccation en offrira d'autant moins les caractères d'une substance féculente; l'iode, colorant en jaune les tissus naturels et artificiels déjà colorés en partie en brun par la potasse, et en bleu, la faible quantité de substance féculente non altérée, donnera alors cette couleur brun-verdâtre qu'a observée Berzélius.

127. En résumé, pour obtenir la substance soluble de la fécule des lichens, divisez autant que possible leurs expansions après les avoir bien dépouillées des corps étrangers qui s'y attachent; faites-les bouillir dans un excès d'eau. Abandonnez le liquide décanté deux ou trois jours à lui-même dans un lieu frais, enfin jusqu'à ce qu'un précipité floconneux ait lieu; filtrez le liquide; et vous aurez là la substance soluble dans son plus grand état de pureté. La substance amère, si peu soluble dans l'eau, ainsi que presque toute la substance qui colore le liquide en roussâtre, fini-

ront par se précipiter de la même manière, enveloppées par le mucilage coagulé dont nous venons de parler. Ou bien clarifiez au noir animal et à l'albumine, faites bouillir une seconde fois et filtrez; vous obtiendrez peut-être la substance féculoïde pure dans un plus bref délai[1].

§ 13. Applications pratiques des expériences exposées dans les douze paragraphes précédens.

128. Les fécules obtenues à l'état de pureté, et dépouillées des substances étrangères qui peuvent rester adhérentes à la surface de leurs grains intègres, sont toutes chimiquement identiques, et toutes également propres aux divers usages auxquels on les destine. Il en est pourtant, comme la fécule de bryone (*Bryonia alba*, L.), qui retiennent toujours, quoi qu'on fasse, des quantités appréciables de la substance vénéneuse qui leur est associée dans les organes de la plante. On emploie alors, à l'effet de dépouiller ces fécules de cette substance étrangère, un acide ou un alcali (la potasse) assez étendu pour ne point attaquer les tégumens de la fécule (28, 53), en dissolvant le principe amer et malfaisant.

129. Économie domestique. — Il arrive très souvent, au moins à Paris, que la fécule que l'on soumet à l'ébullition dans le lait, après s'être un instant épaissie, devient, par une ébullition un peu plus prolongée, aussi fluide que le lait lui-même. Cela vient de l'action du sous-carbonate de potasse avec lequel les nourrisseurs de la capitale sophistiquent leur lait, afin de l'empêcher de tourner. Ce sel corrode et finit par déchirer les tégumens de la fécule, et par rendre rigides leurs fragmens, ce qui s'oppose à la formation de l'em-

(1) Je ne serais pas éloigné d'attribuer à la présence de ce mucilage la promptitude avec laquelle la couleur bleue imprimée par l'iode disparaît à plusieurs reprises, même dans un flacon bouché. Les sels emprisonnés dans les mailles imperceptibles de ces fragmens s'empareraient, dans cette hypothèse, de l'iode; car après trois ou quatre nouvelles colorations, la couleur ne disparaît plus.

pois (54). Peut-être serait-ce là un moyen de reconnaître la sophistication?

130. Pour repasser le linge, on peut employer non-seulement l'amidon de froment, mais encore la fécule de pomme de terre, celle des marrons d'Inde, etc.; et d'un autre côté on peut en faire usage, soit à froid, soit à chaud; à l'état d'empois ou à l'état de poudre, l'effet sera toujours le même, si les fers à repasser sont suffisamment échauffés. Il suffit de délayer la fécule dans un peu d'eau, d'en imprégner le linge, en le battant entre les mains, et d'appliquer le fer chaud quand le linge est encore humide; les grains de fécule éclateront sous l'influence de la chaleur, les tégumens s'étendront en se combinant avec l'eau dont le linge est imprégné, la substance soluble se dissoudra en partie dans cette humidité, et le linge sera collé et séché par le même coup de main.

131. La fécule n'est réellement nutritive pour l'homme qu'après l'ébullition; la chaleur de l'estomac ne suffit pas pour faire éclater tous les grains de la masse féculente que l'on soumet à la rapide élaboration de cet organe. L'estomac des bestiaux, volailles, enfin de tous les animaux herbivores, paraît jouir sous ce rapport d'une propriété particulière; car ils ne dévorent les substances féculentes qu'à l'état de crudité. Cependant des expériences récentes constatent les heureux effets de la cuisson des pommes de terre qu'on leur sert, et de la panification de la farine d'avoine par laquelle on remplace les grains entiers de cette céréale. Quoi qu'il en soit, il est évident, que les grains broyés sont, pour ces animaux, bien plus nutritifs que les grains entiers qu'ils rendent, en si grand nombre, aussi intacts qu'ils les ont avalés.

132. La panification a pour but de faire éclater tous les grains de fécule, qui se trouvent associés à une substance éminemment fermentescible, dont nous nous occuperons plus bas, et que l'on nomme *gluten*. Les pains les plus beaux et les mieux cuits sont ceux qui proviennent des farines ri-

ches en un *gluten* élastique; car alors le gluten, se soulevant en larges crevasses, par la dilatation des gaz qu'il emprisonnait, permet à chaque grain féculent d'assister à la communication du calorique et d'éclater comme par l'ébullition. Aussi, après la panification, si la pâte a été préalablement bien pétrie, ne trouve-t-on plus dans la pâte un seul grain de fécule intègre. Le pain sera donc d'autant plus mat et moins bien cuit qu'il renfermera moins de ce gluten élastique. Voilà pourquoi les pains de seigle et d'orge, toutes choses égales d'ailleurs, sont moins nourrissans que les pains de froment. Le pain de froment sera à son tour d'autant plus mat et moins parfait, que la farine aura été plus ou moins mélangée avec telle ou telle farine ou avec telle ou telle fécule.

133. On a observé que plus on mêlait de fécule étrangère à la farine, moins le pain acquérait de poids. Ainsi 6 de farine donnent 8 de pain, tandis que 3 livres de farine de froment mélangées à 3 livres de fécule de pomme de terre ne donnent que 6 livres de pain. En voici la raison : les grains de fécule ne s'imbibent pas d'eau, ils ne font que s'en mouiller; en d'autres termes, ils ne retiennent l'eau que par adhérence; le gluten, au contraire, s'imbibe d'eau, comme le ferait une éponge; plus on le pétrit et plus il en absorbe; or c'est l'eau, dans cette circonstance, dont le poids s'ajoute au poids de la farine. Deux raisons s'opposent donc à ces sortes de mélanges; et cette sophistication, pour n'être pas un crime, n'en est pas moins une fraude, puisque le résultat immédiat est de diminuer à la fois le poids et la qualité nutritive du produit.

134. Depuis quelques années, j'ai rencontré peu de farines, vendues sur le marché de la capitale, qui ne contiennent une quantité appréciable de fécule de pommes de terre. Celle-ci est à si bas prix que le vendeur peut gagner 25 pour 100 par ce mélange. Quoique sa présence n'altère en rien l'aspect de la farine de froment, cependant, avec un peu

d'habitude, on vient à bout de la découvrir à l'œil nu, quand elle s'y rencontre en assez grande quantité; la farine a un aspect cristallin qui ne lui est pas ordinaire. Au microscope la fraude devient des plus faciles à découvrir, et je me ferais fort de la déceler, quand même la farine n'en renfermerait qu'un centième. Les fournisseurs des établissemens publics, obligés d'acheter l'indulgence ou la connivence de bien des employés, sophistiquent la farine convenue avec des farines plus grossièrement obtenues de graines de rebut, telles que les féverolles, les mauvais pois et même les vesces, etc. [1]. Si l'on peut se procurer une minime quantité de ces farines, ou trouver, dans le pain, de ces grumeaux intacts de farine que les boulangers nomment des *marrons* (76), il sera possible, avec le secours des nombres et des figures que je publie (93), de découvrir la nature du mélange. Qui se méprendrait sur la fécule de seigle, de lentilles, de pommes de terre? Souvent, sans pouvoir préciser la nature de la substance étrangère, il sera facile d'obtenir un résultat négatif. Soit une farine donnée comme de la farine de froment; si les grains de fécule les plus gros, au lieu d'atteindre $\frac{1}{20}$ de millimètre, restent presque au-dessous de $\frac{1}{40}$, il sera évident que l'assertion est fausse. Pour arriver ensuite à un second résultat positif, il sera nécessaire d'avoir recours à des données statistiques et commerciales sur le prix et l'origine des substances dont on soupçonne la présence, à l'analyse en grand, et quelquefois à l'analyse microscopique et comparative des divers organes répandus au hasard dans cette farine. Nous verrons plus bas à quels organes on reconnaît la farine des céréales au microscope [2].

135. Médecine. — La fécule est ordonnée en médecine aux estomacs faibles et valétudinaires; mais il est évident

(1) Voyez le *Lycée*, 4 décembre 1831.

(2) Nous ne saurions trop inviter les botanistes à dessiner les grains de fécule des plantes dont ils publient les figures, comme ils y dessinent les grains de pollen, et d'en noter la grandeur réelle.

que la fécule pure étant, dans tous les végétaux, identique chimiquement, doit être identique quant à ses propriétés médicales. Il y aurait donc du charlatanisme à imposer au malade l'usage de l'une plutôt que de l'autre, et de préférer, sous ce rapport, une fécule exotique et d'un prix plus élevé à une fécule indigène et moins chère. En conséquence le sagou (97), qu'il est si facile de contrefaire, et l'arrow-root (111) doivent dans tous les cas être remplacés par la fécule de pomme de terre.

136. Il n'en est pas de même du salep (118) et du lichen (120). Car le salep agit non-seulement par sa fécule, mais encore par son mucilage et son arôme, qu'on ne rencontre pas associés à la fécule des autres végétaux, et qui le rendent éminemment utile aux personnes épuisées par des excès vénériens. Il en est de même du lichen qui, outre son arôme propre, son mucilage et sa substance féculoïde, possède encore une substance amère, laquelle peut ajouter des propriétés vermifuges à ses propriétés pectorales et adoucissantes.

137. Comme fécule pure, celle de la pomme de terre est préférable à toutes nos fécules indigènes, à cause et de la facilité avec laquelle ses grains si intègres se dépouillent, par les lavages, des substances étrangères que peuvent renfermer les tubercules de cette solanée, et du bas prix auquel on peut se la procurer. L'amidon de froment ne présente pas tous ces avantages, et retient toujours, quoi qu'on fasse, une portion des substances acides, résineuses et glutineuses, qui existaient avec lui dans la graine, ou qui se sont formées dans l'acte de la fermentation.

138. Arts économiques. — *Art de l'amidonnier.* — La mouture altérant considérablement les grains de fécule (104), il s'ensuit une grande perte dans l'extraction. D'un autre côté la chaleur produite par la fermentation fait éclater un assez grand nombre de grains, et pourtant la fermentation est nécessaire pour décomposer le gluten de la farine. Il y

aurait un moyen d'éviter ces deux occasions de déchet, en employant, pour l'extraction de l'amidon, les grains de céréales avant leur complète maturité, et à l'époque ou le périsperme s'échappe tout laiteux sous la pression des doigts; car à cette époque les grains d'amidon sont parvenus à leur maximum d'accroissement, et le gluten n'a pas encore acquis ses propriétés ordinaires, en sorte qu'il est à présumer que les grains de fécule extraits à cette époque tomberont tous au fond du vase, sans entraîner avec eux aucune parcelle de gluten assez appréciable pour nécessiter une fermentation. Le déchet serait nul, et la perte de temps moins grande[1]. Dans plusieurs pays, les amidonniers semblent avoir pressenti l'efficacité de ce moyen; car, au lieu de se servir de farine de mouture, ils laissent tremper dans l'eau les grains de céréales, jusqu'à ce qu'ils se ramollissent, et qu'ils donnent un suc blanc par la pression. Alors ils les enferment dans des sacs de grosse toile, qu'ils soumettent à la presse à plusieurs reprises, ayant soin de les tremper dans l'eau à chaque nouvelle pression. Il est vrai qu'ensuite ils font fermenter toutes les eaux obtenues, lavent le dépôt qui s'y forme, et le dessèchent à une douce chaleur; mais au moins ils n'ont là que le déchet provenant de la fermentation; et ils évitent celui qui proviendrait de l'altération des grains de fécule écrasés par la meule.

139. *Collage du papier à la cuve*[2]. — Le collage à la gélatine offrait des inconvéniens que les fabricans de papier cherchaient depuis long-temps à éviter; ce collage ne pouvait se faire qu'après le moulage de la feuille, et la matière

(1) Mais il est bon de faire observer que ce blé scié avant sa complète maturité serait d'une moins bonne qualité pour les semailles, et que sa grande douceur le rendrait facilement attaquable par les charançons. Comme substance alimentaire, sa farine étant plus blanche et plus douce, est, de temps immémorial, plus recherchée, dans certaines provinces de l'Allemagne, que celle du blé parvenu à sa parfaite maturité.

(2) *Bull. des sciences technologiques*, tom. IX, n° 108. 1828.

animale était sujette à fermenter alors par son exposition à la température du séchoir. Il s'agissait de rencontrer une substance qui fermentât moins et qui collât tout autant. L'amidon se présentait naturellement à l'esprit dès le début de ces recherches; mais l'amidon employé à cet usage, à la même époque que la gélatine, exposait à deux inconvéniens dont on ne pouvait éviter l'un sans tomber dans l'autre. Sous forme d'empois, il aurait trop et trop inégalement collé; sous une forme plus liquide, il aurait trop peu collé; et, dans les deux circonstances, il eût quelquefois été sujet à tourner vers la fermentation acide et par conséquent à perdre de sa propriété collante. Ce troisième inconvénient se présentait d'une manière plus nuisible au succès de l'opération, si l'on s'avisait d'employer l'*empois* dans la cuve même.

En 1826 environ, un fabricant renommé d'Annonay annonça avoir découvert les moyens de *coller à la cuve*, et il vendit même à ses confrères la *colle* de sa fabrication. Braconnot s'empressa d'analyser ce mélange, et il chercha même à l'imiter. Mais la chimie en grand devait échouer alors dans cette entreprise, et elle échoua; on verra plus bas pour quelle raison.

En 1828, un fabricant de l'Alsace me fit parvenir une certaine quantité de cette *colle* qu'il avait achetée à la fabrique d'Annonay, et il m'apprit qu'il n'avait jamais pu s'en servir, qu'il avait même déjà perdu une ou deux cuvées, faute de connaître le mode d'emploi, qu'on se gardait bien à Annonay de livrer avec la substance. Dès la première observation au microscope, je découvris ce que Braconnot avait vainement cherché par les procédés en grand, c'est-à-dire que cette colle se formait essentiellement de fécule de pomme de terre intègre, et non convertie en *empois* (54), et accessoirement d'une huile essentielle qui nageait dans l'eau, sous forme de myriades de globules infiniment petits, égaux en diamètre. Comme les essais en grand décelaient, dans cette pâte, l'existence d'une grande quantité d'alun, il était évi-

dent que cette huile s'y trouvait à l'état de *savonule*. L'odeur suffisait pour indiquer qu'elle n'était autre que l'huile essentielle de térébenthine.

Je trouvais par-là pourquoi cette colle pétrie avec la pâte, dans la cuve, refusait de coller le papier ; car la chaleur de l'étuve ou du séchoir étant insuffisante pour faire éclater les grains de fécule de pomme de terre, cette pâte était aussi inhabile à coller, que le serait la fécule seule employée, sans un fer chaud, à repasser le linge. Aussi je n'eus qu'à exposer à la chaleur du four d'un poêle le papier fabriqué avec cette colle, après l'avoir humecté d'eau, pour le rendre aussi bien collé que le papier ordinaire. Afin d'utiliser cette colle, il ne s'agissait donc plus en grand que de faire parvenir, sur les feuilles de papier étendues sur des cordes, une bouffée de vapeur d'eau, ou de se servir des mécaniques nouvelles, par lesquelles le papier se colle et se sèche à la fois, en passant entre trois cylindres contigus chauffés intérieurement à la vapeur. Le papier sera d'autant mieux collé, par ces divers procédés, que les grains de fécule, se trouvant emprisonnés entre les fibrilles végétales, colleront la feuille à l'extérieur comme à l'intérieur.

Le *savonule* de térébenthine est destiné à contrebalancer la raideur cassante que l'amidon seul communique au papier ; mais, d'un autre côté, cette substance graisse la feuille et l'empêche de s'imbiber d'encre à écrire, en sorte que, depuis la publication de la composition de cette pâte, les fabricans ont reconnu la nécessité, les uns de remplacer l'huile de térébenthine par un corps moins gras, et les autres d'augmenter les proportions de la base du *savonule*, ou même d'employer un tout autre savon.

Je ne crains pas d'avancer que la chimie en grand eût perdu encore bien des opérations, avant de deviner un fait que le microscope rend si simple à concevoir. Car, avant de procéder à l'analyse, on n'eût peut-être jamais manqué de soumettre l'amidon à l'action de l'eau bouillante, et on

n'aurait eu aucune raison de croire que l'amidon dût se trouver, dans une substance destinée à coller, sous une autre forme que sous celle d'*empois*.

140. *Art du tisserand.* — On sait que les tisserands, afin de conserver, à la colle qui leur sert de *parement* ou *paron*, l'humidité nécessaire pour que cette substance ne soit point un obstacle au tissage; on sait, dis-je, qu'ils sont forcés de travailler habituellement, dans des lieux bas, humides, et par conséquent mal sains. Dubuc, pharmacien à Rouen, a proposé d'adjoindre au *parement* un chlorure déliquescent et qui, en s'emparant et en retenant l'humidité de l'atmosphère, s'oppose au dessèchement de la colle, et permette à l'ouvrier de travailler dans des lieux secs et aérés. Nous avons déjà vu (113) que Vergnaud recommande, comme un succédané de ce mélange d'une colle et d'un chlorure, la fécule de marron d'Inde, qui, à elle seule renferme les deux principes propres à fournir ce double résultat.

141. AVIS FINAL. Enfin ceux qui se seront pénétrés de tout ce que nous avons exposé dans les paragraphes précédens trouveront, dans leurs professions respectives, de nombreuses occasions de faire des applications utiles de la théorie ou plutôt de l'histoire nouvelle de l'amidon.

DEUXIEME GENRE [1].

INULINE (*Hélénine, alantine, d'élecampe, datiscine, dahline*)[2].

142. Tous les caractères essentiels de la fécule [2], soit physiques, soit chimiques, conviennent à l'inuline, à l'ex-

(1) *Annal. des Sc. nat.* Mars 1826, p. 7.—*Bull. des Sc. phys. et chimiq.* Déc. 1825.

(2) Selon qu'on l'avait extraite des racines de l'*Inula helenium* (inuline et hélénine), de l'*Angelica archangelica* (alantine), du *Datisca cannabina* (Datiscine), du *Dahlia* (dahline).

ception du suivant : l'inuline ne se colore pas en bleu par l'iode ; ce réactif la colore en jaune ainsi que tous les tissus organisés. Les chimistes admettent encore les différences suivantes : l'inuline ne donne pas, à la distillation, de l'huile empyreumatique ; 100 d'eau ne dissolvent que 2 d'inuline à froid ; l'eau bouillante au contraire la dissout en totalité, sans former avec elle un véritable *empois*, mais seulement une dissolution mucilagineuse. Sa pesanteur spécifique est de 1,35 (*Berzélius*, tom. V, p. 209) ; sa composition élémentaire n'a pas été examinée. La différence dans la coloration par l'iode est pour nous le seul caractère vraiment distinctif entre l'amidon et l'inuline ; tous les autres découlent des circonstances de la manipulation ou des modifications accidentelles de l'organisation.

143. Outre les végétaux auxquels cette substance a emprunté ses diverses dénominations, on l'a trouvée encore dans la racine des *Anthemis pyretrum*, *Colchicum autumnale*, *Helianthus tuberosus* ou topinambour (140), *Cichorium intybus*, *Leontodon taraxacum*, et dans les *Lichen fraxineus* et *fastigiatus*, par le procédé suivant :

144. On râpe les racines, on les exprime, on les fait BOUILLIR AVEC DE L'EAU, et on filtre la dissolution bouillante à travers un linge : si elle est trouble, on clarifie avec du blanc d'œuf ; on l'évapore ensuite jusqu'à pellicule, et on la laisse refroidir ; l'inuline se dépose sous forme pulvérulente. On la recueille sur un filtre, on la lave bien et on la sèche. Les racines du *Dahlia* (*Georgina purpurea*) en ont donné, par ce procédé, 10 pour 100 ; celles de *l'Inula* 11 $\frac{1}{9}$; celles du *Leontodon taraxacum* 12, et celles du *Cichorium intybus* 12 $\frac{1}{4}$.

145. Examinée au microscope, cette poudre blanche et pulvérulente ne dément pas l'analogie qu'elle offrait en grand avec l'amidon ; et malgré la petitesse de ses grains, qui ne dépassent pas $\frac{1}{100}$ de millimètre, il est facile de constater que chacun d'eux est un organe vésiculaire.

146. Mais remarquez que ces organes n'ont été obtenus isolément qu'après avoir été soumis préalablement à l'ébullition (19), et qu'en conséquence ils auront dû éclater et se dépouiller au moins d'une partie de leur substance soluble. Je dis *au moins d'une partie*, car l'eau, s'étant saturée du mucilage que les racines ci-dessus énumérées renferment en abondance, aura été moins propre à dissoudre ensuite la substance soluble de l'inuline.

147. J'ai encore eu occasion de remarquer que les tégumens de l'inuline s'étendent mille fois moins, dans l'eau bouillante, que ceux de la fécule ordinaire ; mais nous avons déjà vu (111) que cette propriété varie dans les diverses fécules, et que les tégumens ligneux, c'est-à-dire non colorables en bleu par l'iode, en sont tout-à-fait privés (85).

148. Or, c'est à ces deux ou trois circonstances accidentelles qu'il faut rapporter les différences assignées par les auteurs entre l'amidon et l'inuline. 1° Cette poudre est plus grumelée, plus craquante et moins friable que celle de l'amidon, parce que les tégumens sont soudés entre eux par une portion de la substance soluble qui en est sortie, et que les plus grands lavages ne sauraient enlever, une fois qu'elle est protégée par la couche de tégumens (76, 125). 2° Cette poudre jouit d'une pesanteur spécifique moindre que la fécule, d'abord à cause de l'existence de ces grumeaux emprisonnant de l'air, et ensuite parce que les vésicules ont été vidées de leur substance gommeuse et sont devenues plus légères en se combinant avec l'eau. 3° L'eau froide en dissout une faible quantité, parce qu'en pulvérisant cette poudre même grossièrement, on met toujours à nu une quantité de substance soluble que les lavages n'avaient pas enlevée, et que d'un autre côté une partie des tégumens isolés les uns des autres montent en suspension. 4° L'eau bouillante, je ne dirai pas la dissout, mais paraît la dissoudre, en faisant monter en suspension les tégumens (75) et en désagrégeant les grumeaux que l'eau froide n'avait pas at-

taqués. 5° Mais cette dissolution apparente ne forme pas un véritable empois, à cause de la rigidité des tégumens qui n'acquièrent pas un plus grand volume (54). 6° Quant à l'huile empyreumatique, il y a eu sans doute erreur, car les fibrilles les plus pures en donnent, pourquoi l'inuline n'en donnerait pas? Ensuite il est bon de faire observer que l'amidon de froment en donnera plus que les autres, à cause des substances étrangères qu'il renferme, même à l'état de la plus grande pureté. 7° On ne peut obtenir l'inuline à froid, soit à cause de la petitesse de ses grains qui, s'enveloppant d'un mucilage épais, empruntent par-là une pesanteur spécifique doublement moindre que les grains de fécule de pomme de terre, soit à cause de la ténacité des organes qui la renferment. L'eau bouillante brise et dépouille ceux-ci, et rend plus liquide le mucilage. En conséquence, ainsi que je l'ai dit au commencement de cet article (142), le seul caractère essentiel qui distingue l'inuline de l'amidon, c'est sa coloration par l'iode.

149. Pour réduire à leur juste valeur les prétendues combinaisons de l'*inuline* avec les *acides* ou les *bases salsifiables* [1], je renverrai à ce que j'en ai dit en parlant de l'amidon (58, 61). Mais ce que je n'ose plus, en 1832, réfuter aussi sérieusement que je le faisais en 1825, c'est l'existence d'une combinaison intime d'amidon et d'inuline que, d'après un travail de Pelletier et Caventon [2], Berzélius adopte, en la défigurant, dans sa *Chimie* (pag. 210, t. V). « Lorsque l'inuline et l'amidon ordinaire, dit le chimiste suédois, sont mêlés dans une dissolution, l'amidon se précipite avec l'inuline quand celle-ci prédomine; mais si l'amidon est en excès, l'inuline reste dissoute ». Les chimistes français avaient

(1) D'après Berzélius, la strontiane et la chaux ne précipitent pas l'inuline, comme le fait la baryte dont le précipité est soluble dans l'eau bouillante. Il y a certainement erreur dans les faits; les expériences n'auront pas été comparatives.

(2) Voyez *Bull. des Sc. physiq. et chimiq.* Déc. 1825.

poussé plus loin la théorie de cette piquante combinaison, de cette espèce d'*inulure d'amidon*, et ils avaient même indiqué l'infusion de noix de galles comme un excellent réactif pour reconnaître le mélange. D'après eux le précipité formé dans ce mélange ne devait disparaître que vers 100 °, tandis que, si l'amidon avait été pur, le précipité aurait disparu à 50° (*comme l'a observé Thompson*, ajoutaient-ils). Je ne sais pas pourquoi les auteurs que je viens de citer se sont arrêtés en si beau chemin, et pourquoi ils n'ont pas admis une combinaison d'amidon et de sable de rivière, une d'amidon et de *mica*, etc.; car il est certain que ces substances ne se précipitent jamais quand *l'amidon prédomine*, c'est-à-dire quand il est épaissi sous forme *d'empois*; et alors on est tout aussi bien autorisé à les croire dissoutes que l'inuline, dans le cas rapporté par Berzélius.

150. Voulez-vous un excellent réactif pour reconnaître un mélange (car ce n'est qu'un mélange) d'amidon et d'inuline? colorez par l'iode, et observez au microscope; vous ne manquerez pas de distinguer les grains blancs ou jaunes de l'inuline parmi les grains bleus de l'amidon.

151. On trouve, dans le fruit de la symphorine (*Symphoricarpos leïocarpa*), une pulpe blanche qui se résout en petites particules. Observées au microscope, elles affectent les formes que représentent les fig. 27 de la pl. 2; ce sont de grandes vésicules molles, visibles même à l'œil nu, et renfermant sans doute une substance gommeuse. La faible quantité que le hasard a mise à ma disposition ne m'a pas permis de les soumettre à une analyse détaillée; mais je ne doute pas, qu'entre les mains des chimistes, cette pulpe n'offre une substance digne d'un nouveau nom terminé en *ine;* malheureusement pour le créateur de ce nouveau terme, les botanistes ont donné à la plante qui produit ce fruit le nom de *symphorine* qui est court et harmonieux; force serait donc de se décider pour *symphoricarpine!*

TROISIÈME GENRE.

FÉCULE VERTE[1].

152. Si l'on broie, dans l'eau, les cotylédons de l'*Acer platanoïdes*, à l'époque où la plumule ne se compose encore que de deux feuilles visibles[2], on obtient une fécule verte qui se précipite instantanément, en laissant incolore le liquide dans lequel on l'a agitée. Examinée au microscope, elle n'offre que des vésicules ovales de formes diverses et variant autour de $\frac{1}{20}$ de long sur $\frac{1}{40}$ de large. Les unes sont vides et entièrement blanches et diaphanes, ne se dessinant enfin que par des contours linéaires (*b*); les autres sont remplies de globules verts (*a*), et d'autres ne possèdent qu'un plus ou moins petit nombre de ces globules (*c*, *d*). Il est facile de s'assurer que ces globules verts sont organiquement attachés à la paroi intérieure de la grande vésicule blanche et diaphane; on n'a qu'à imprimer un mouvement de rotation à ces grandes vésicules (87). On les voit représentées, sous leurs différentes formes principales, pl. 2, fig. 20.

153. Il est évident que ces vésicules jouent, dans les cotylédons de l'érable, le même rôle que les grains de fécule dans le périsperme des grains des autres végétaux, c'est-à-dire que, par les progrès de la germination, elles sacrifient leur matière verte au profit de la plumule, de même que, sous l'influence de la même cause, les tégumens de la fécule sacrifient leur gomme au profit de l'organe analogue, dans les semences farineuses; car plus la germination est avancée, et plus on trouve de cellules blanches épuisées de leur substance verte.

(1) Cette expression, que j'emprunte aux anciennes nomenclatures de chimie organique, rend très bien l'analogie qui existe entre l'*amidon* et la substance organisée que je vais décrire.

(2) On trouve, au printemps, une quantité considérable de ces jeunes plants, dans les carrés de verdure plantés d'érables, au jardin du Luxembourg.

154. L'alcool bouillant dépouille ces vésicules de toute leur substance verte, en se l'appropriant et en se colorant en vert. On ne distingue plus alors leur organisation intérieure, et elles paraissent toutes aussi blanches que celles qui ont été dépouillées de leur matière verte par les progrès de la germination. Dans cet état ce résidu n'aurait pas manqué d'offrir des caractères dignes d'une dénomination nouvelle; car il ne se colore pas en bleu par l'iode, il n'aurait pas même rendu mucilagineux le liquide (42); et de plus, à la distillation et en dépit des nombreux lavages à l'alcool, il aurait certainement fourni de l'huile empyreumatique et même un peu d'huile essentielle. Ce qui, entre autres choses, l'aurait distingué du ligneux, c'est que, par l'élévation de température, toutes ces vésicules diaphanes, montant en suspension, auraient fait croire à une dissolution (75).

155. Les plantes grasses fournissent aussi une assez grande quantité de fécule verte, par la désagrégation mécanique de leur tissu cellulaire[1]. J'en ai obtenu des feuilles du *Sedum sempervivum*.

QUATRIÈME GENRE.

LIGNEUX.

156. Lorsque vous avez épuisé par l'eau froide et bouil-

(1) On avait beaucoup disputé pour savoir si les cellules végétales jouissent chacune d'une paroi qui leur soit propre: on avait employé, pour démontrer l'affirmative, l'eau bouillante et l'acide nitrique. On aurait pu objecter, avec juste raison, que l'isolement de ces cellules obtenues par ces procédés n'était qu'apparent, et qu'au lieu de s'être décollées, elles n'avaient été obtenues à part que par l'altération, le déchirement, la corrodation des cellules voisines. Mais la preuve la plus naturelle est fournie, comme on le voit, par le simple déchirement d'une feuille grasse. Aussi, depuis la publication de ces faits, la question a paru résolue aux yeux des botanistes, et elle est adoptée aujourd'hui sans contradiction.

lante, par l'alcool, l'éther, les acides et les alcalis étendus, les fragmens plus ou moins divisés d'un tronc, d'une tige herbacée, d'une feuille, etc., il reste une substance spongieuse, blanche comme la neige à l'état de pureté, que les réactifs précédens ont entièrement respectée, tout en la dépouillant des substances solubles qu'elle recélait. C'est ce qu'on est convenu d'appeler le *ligneux;* substance qui possède toutes les propriétés physiques et chimiques du coton, de la filasse de lin et de chanvre.

§ I. Organisation du ligneux.

157. Or, en l'observant au microscope, on reste convaincu que ce *caput mortuum* végétal est uniquement composé des cellules ou des vaisseaux, qui formaient la charpente et le squelette des organes vivans du végétal. Ce sont ou bien des cellules, qui, en se pressant les unes contre les autres, présentent, par leurs interstices, un réseau à mailles pentagonales ou hexagonales, analogue à la figure 10 de la planche du *tissu adipeux*, ou bien des cellules à surfaces carrées (pl. 3, fig. 2 *g*), ou bien de longs tubes plus ou moins aplatis et contournés par la dessiccation et plus ou moins longs, tantôt libres et isolés les uns des antres, tantôt agglomérés en faisceaux et liés entre eux par un tissu cellulaire à cellules allongées, aplaties et quadrilatères; ou bien enfin des tubes indéfiniment longs, et renfermant dans leur sein un autre tube, composé d'un seul filament roulé en spirale contre ses parois, et qui se déroule, sous l'œil de l'observateur, par le déchirement de la paroi qui lui sert de gaîne. On trouve les premières dans tous les organes jeunes, dans les tiges annuelles et tendres, dans la moelle des végétaux qui ont une moelle, et toujours dans celle des plantes monocotylédones; ce sont des cellules semblables qui, dans la pomme de terre, renferment la fécule. On trouve les secondes dans tous les troncs et rameaux devenus ligneux; on trouve les tubes et les spirales (*trachées*) dans toutes les

plantes phanérogames ; ce sont ces organes qui constituent la filasse du *chanvre*, du *lin*, du *phormium tenax*, etc.

158. Il est encore un autre genre de cellules qui recouvrent extérieurement la substance des feuilles et autres organes herbacés, comme une couche diaphane qui s'en détache facilement par le déchirement ; on la nomme *épiderme* ; examinée au microscope, elle se compose de cellules aplaties et vides, mais variant de configuration à l'infini. Parmi ces cellules se remarquent des organes que l'on a nommés *pores corticaux*, et sur la structure et les fonctions desquels nous reviendrons plus bas. La fig. 1, pl. 3, représente les cellules épidermiques des feuilles de *sedum*, ainsi que leur pores corticaux ; la fig. 5, celles des feuilles de l'*Alisma plantago* ; la fig. 5 *bis*, celles des feuilles du *Begonia hirsuta*.

159. Enfin la surface des tiges, feuilles, graines de certaines plantes est hérissée de poils ou simples ou ramifiés, qui forment souvent un duvet épais, ou s'allongent comme de longues fibrilles. C'est sous cette dernière forme que ces organes se développent sur la surface extérieure des graines de *Gossypium*, pour offrir, à une certaine époque, un produit extraordinairement abondant, que l'art du tissage métamorphose en étoffe de coton.

160. Il est facile de s'assurer, 1° que les tubes anastomosés qui forment le réseau de la tige ou de la feuille, quand on a laissé macérer quelque temps les fragmens de ces organes dans l'eau, sont des vaisseaux destinés à charrier la sève organisatrice ; 2° que les tubes formés d'une spirale sont destinés à la circulation de l'air ; 3° que les cellules sont chargées d'élaborer, dans leur sein, les élémens de l'air et de la sève qu'absorbent leurs parois ; 4° que ces parois sont incolores par elles-mêmes, qu'elles ne doivent leur coloration apparente qu'aux substances qu'elles recèlent, et à leur transparence qui se prête à la transmission de tous les rayons lumineux.

161. Car par une coupe transversale pratiquée à l'air li-

bre et au printemps, sur un sarment de vigne, on voit, à l'aide d'une loupe, la sève aqueuse sortir en gouttelettes par les orifices béans des vaisseaux ; et par une coupe transversale pratiquée sous l'eau, on voit des bulles d'air sortir des tubes, qui ne peuvent être que les tubes qu'on trouve toujours vides au microscope, et que l'on a comparés aux *trachées* des insectes, soit à cause de cette circonstance, soit à cause de l'analogie de leur structure intime.

162. Quant aux cellules, on n'a qu'à les laisser séjourner dans une menstrue capable de s'emparer de la substance incluse, pour s'assurer que leur coloration n'était qu'empruntée, et que, quand elles sont incolores, elles étaient remplies d'une substance organisatrice, et non d'air.

163. C'est par les mêmes procédés qu'on parvient à constater que les poils eux-mêmes[1] ne sont que des cellules plus allongées, et remplies à leur tour d'une substance organisatrice, et qu'ainsi ils n'ont avec les poils des animaux qu'un rapport de forme extérieure et de situation.

164. Soit en effet un de ces poils blancs et soyeux dont se hérisse l'ovaire de l'avoine (*Avena sativa*) (pl. 3, fig. 11, *a*); plongé dans l'eau, il s'offre au microscope comme un tube de verre d'une grande transparence ; mais observé dans l'air (*ibid. c*), il prend l'aspect d'un prisme hexaédrique plus ou moins arqué ; et l'on serait tenté, en le voyant, de le considérer comme une production cristallisée, comme un de ces cristaux de silice (*gg'*) dont je parlerai au sujet des *éponges*. Mais si, à l'aide d'une lame tranchante, on peut le couper par le milieu (*ibid. dd'*), on ne tarde pas à s'apercevoir que les portions voisines de la section (*d'*) deviennent de plus en plus transparentes, et que cette transparence s'étend de proche en proche jusqu'à envahir toute la capacité de cette moitié de poil, depuis la base jusqu'au sommet (*bb'*). L'autre moitié présente le même phénomène. Si alors on re-

(1) *Annal. des Sc. d'obs.* tom. I, pag. 74. Janvier 1829.

plonge dans l'eau cette portion de poil (*bb'*) devenue transparente par son séjour dans l'air, on la voit subitement perdre sa transparence et reprendre l'opacité de ses deux faces latérales ; mais peu à peu cette opacité semble, pour ainsi dire, sortir sous formes de bulles (*ff'*) qui, en cheminant du sommet à la base, sont ellipsoïdes, et une fois sorties offrent la sphéricité et tous les phénomènes de réfrangibilité d'une bulle d'air (*f'*): alors le tube a repris dans l'eau toute sa transparence. Si on enlève l'eau qui le recouvre, et qu'on le recouvre encore de liquide après l'avoir laissé exposé à l'air, on le rencontrera encore opaque, et ainsi de suite à l'infini.

165. Il est donc évident que chacun de ces poils est un tube imperforé et creux, dont la capacité renferme une substance soluble dans l'eau, d'un pouvoir réfringent voisin de celui de l'eau et très éloigné de celui de l'air. Quand on observe ce poil intègre dans l'air, la substance incluse réfracte fortement les rayons lumineux et rend le tube opaque; cette opacité disparaît lorsqu'en pratiquant une section transversale, on donne à la substance incluse la facilité de s'écouler et de céder la place à l'air. Car la paroi en est trop mince pour qu'elle puisse influer, d'une manière sensible, sur le jeu de la lumière, qu'elle réfracte à peine sur les bords et au sommet, où, par son épaisseur, elle forme une espèce de prisme. Les réactifs nous apprendront plus bas que la substance incluse est une solution de sucre. Mais on peut delà évaluer le parti qu'on peut tirer des procédés microscopiques, qui permettent d'analyser un poil isolément, avec plus de facilité que la chimie en grand n'eût analysé un fruit d'un certain calibre.

166. Si le poil ou la cellule à examiner renfermait une substance insoluble dans l'eau, on procéderait dans cette expérience au moyen de tout autre menstrue.

167. La même démonstration s'applique au réseau vasculaire dans les mailles duquel les cellules, soit aplaties

(pl. 3, fig. 1), soit distendues par une substance incluse (*cellules de la pomme de terre*), semblent être enchâssées. Car les parois des cellules jouissant d'un même pouvoir réfringent, si elles étaient appliquées immédiatement les unes contre les autres, on n'apercevrait aucune ligne de démarcation. Or, cette ligne est assez remarquable. D'un autre côté, si cette ligne consistait en une simple désagrégation, en un simple isolement, elle varierait de forme et d'épaisseur par la dessiccation, et dans l'eau elle paraîtrait toute noire, après avoir été exposée à l'air (163). Mais il n'en est pas ainsi; car soit avant, soit après son exposition à l'air, ce réseau à mailles hexagonales apparaît toujours le même, et comme composé de tubes soudés bout à bout, se dessinant par deux lignes parallèles, et par des ombres qu'affectent les cylindres transparens. Ce sont donc des tubes rigides, remplis d'une substance liquide et différant par son pouvoir réfringent de celui des parois; c'est un *réseau vasculaire*, destiné à fournir, à l'élaboration de chaque cellule en particulier, la sève que les grands vaisseaux charrient dans toute la charpente de la plante. Je donnerai dorénavant le nom de *tissu vasculaire* à l'ensemble de ces vaisseaux, et celui de *tissu cellulaire* à l'agrégation des cellules, tout en avertissant que le mot *tissu* n'implique aucune analogie entre la structure du *squelette* de la plante et celle des *tissus* artificiels, qui résultent de l'entrecroisement mécanique d'un certain nombre de fils entre eux.

§ 2. Développement des tissus cellulaire et vasculaire des végétaux[1].

168. Nous avons vu que (46), sous l'influence bornée du calorique factice, le tégument de fécule peut prendre une extension toujours croissante, et qu'en même temps des

(1) *Annal. des Sciences naturelles*. Oct. 1825, pag. 28 de mon Mémoire sur la fécule. — *Mém. de la Soc. d'histoire naturelle de Paris*, tom. III, *sur les tissus organiques*, § 101.

globules se développent sur toute leur surface, et simulent, à leur tour, de nouveaux grains de fécule attachés par un hile à une paroi quelconque. Or l'analogie semble indiquer d'avance que, sous l'influence lente mais durable des causes naturelles qui président à la végétation, ce développement aurait revêtu un caractère plus normal que sous l'influence d'une cause artificielle.

169. Ce que l'analogie indique l'observation le démontre (6) à l'égard des grains de fécule intègres qui croissent, dans les organes du végétal, jusqu'à atteindre des formes et des dimensions qui les rendraient méconnaissables.

170. D'un autre côté, l'observation directe constate que, par suite de ce développement (90), il se forme, dans le sein de chaque grain de fécule, de nouveaux globules féculens qui, en se pressant les uns contre les autres, présentent l'image la plus parfaite d'un tissu cellulaire (157) dans un grain de fécule.

171. Chacun des grains de fécule obtenus isolément est muni d'un *hile* (88) par lequel il tenait à la paroi interne de la cellule qu'il recélait, de la même manière qu'une fève de *haricot* tient, par un *hile*, à la paroi *placentaire* de la grande cellule que nous nommons la *gousse*. Or cette graine de haricot ne s'est pas attachée après coup sur cette paroi; mais elle s'est développée par la turgescence progressive de la paroi elle-même, en sorte qu'elle a passé par toutes les dimensions, depuis la grosseur d'un globule microscopique jusqu'à celle qu'elle possède à la maturité.

172. Enfin la fécule de *typha* nous offre non-seulement ces grains de fécule adhérens à la paroi interne de la cellule ligneuse qui les engendre, mais encore cette cellule elle-même isolée de ses congénères, qui dans les autres végétaux restent agglutinées par l'adhérence de leurs parois. Les cellules renfermant la matière verte (152) nous ont offert le même phénomène de désagrégation.

173. Voilà les faits observés; invoquons maintenant l'a-

nalogie; et l'analogie est une règle infaillible, quand elle ne fait que continuer la route tracée par l'observation.

174. Admettons que le grain de fécule, dont j'ai exposé l'histoire et la structure avec tant de détails, au lieu de rester, à une certaine époque, organe stationnaire de nutrition et d'approvisionnement, eût continué son existence sous forme d'organe de développement; les grains secondaires, dont nous avons reconnu la présence dans son sein (90), obéissant aux mêmes causes, se seraient développés à leur tour et auraient donné naissance, à leur tour, à des grains tertiaires et ainsi de suite indéfiniment, en sorte qu'on aurait alors un tissu cellulaire plus ou moins compliqué dans une seule cellule. Or, comme chacune de ces cellules nouvelles tient, à tous les âges, aux parois internes de la cellule génératrice, on peut concevoir qu'elle n'est que le développement de l'un des globules dont la paroi serait tissue, globules invisibles à nos moyens d'observation, et qu'une foule de faits me permettent de considérer comme rangés en spirale autour de l'axe de la sphère dont ils forment le tissu. Appliquons maintenant cette théorie à la formation de la feuille et du tronc, deux organes végétaux dont tous les autres organes de la plante ne sont que des transformations plus ou moins déguisées, ainsi que je le montrerai plus tard.

175. *Feuille* (pl. 3, fig. 3). — Je prends un grain quelconque (pl. 2, fig. 20, *a*) composé de son tégument et de son tissu cellulaire intérieur.

En même temps que ce tégument se développera, une vésicule interne, contre laquelle tout me porte à croire que s'attachent immédiatement les granules internes, s'accroîtra aussi, et viendra tapisser la paroi interne du tégument externe. Si maintenant deux de ces granules internes viennent à suivre le développement de la cellule génératrice, et à s'avancer de front en longueur, ces deux cellules formeront deux lobes latéraux (*aa*, fig. 3, pl. 3) dont l'interstice

(*ee*) formera la nervure médiane. Si des globules nouveaux se développent sur les parois des deux cellules (*aa*), et deviennent à leur tour de grandes cellules tertiaires (*bb*), leurs interstices formeront des nervures latérales par rapport à la grande nervure médiane (*ee*), et qui sembleront prendre leur origine sur cette dernière. Des globules (*ccc*) pourront, par le même mécanisme, se développer en cellules dans chacune des cellules (*bbb*). Des globules (*ddd*) pourront aussi se développer dans les cellules (*ccc*), et ainsi de suite indéfiniment; et ce grain microscopique (pl. 2, fig. 20, *a*) se sera transformé, presque sous nos yeux, en une feuille de dicotylédone, avec ses deux lobes, le réseau de ses nervures et son pédoncule qui primitivement en formait le *hile*.

On conçoit que ces nervures communiqueront toutes entre elles dans le sein d'une cellule-mère, puisqu'elles ne sont que les interstices des diverses cellules secondaires qui ont pris naissance sur les parois de celle-là; mais ce qui, au premier abord, est plus difficile à concevoir, en admettant cette théorie, c'est la communication des nervures formées à l'extérieur d'une cellule génératrice avec les nervures formées dans le sein de celle-ci. Mais l'observation démontre que c'est par le *hile* d'une cellule, c'est-à-dire par son point d'adhérence à la paroi qui l'a engendrée, que cette communication s'établit; en sorte qu'à mesure que le tégument de la cellule génératrice, de quel ordre que ce soit, grandit, et que par conséquent les globules dont ses parois sont tissues prennent de l'extension, il s'établit entre eux des interstices vasculaires, qui forment un réseau continu sur sa surface, et s'abouchent avec tous les *hiles* des cellules qui se développent de nouveau. La sève peut donc circuler dans tout le système de la plante, depuis le centre jusqu'à la circonférence; dans chacun de ces interstices, il se forme une nouvelle somme de cellules qui semblent tapisser le canal vasculaire, et qui, en s'infiltrant de substances résineuses, rendent le réseau de la circulation imputrescible et le font survivre,

comme un squelette réticulé, à la décomposition des autres tissus. Il n'en est pas de même des *trachées* (147), que l'on peut considérer comme une cellule aérifère, très allongée, et dont les spirales se désagrègent plus facilement que chez les autres cellules.

Je ne m'attacherai pas à appliquer cette théorie aux formes variées des diverses feuilles de monocotylédones, ou bien aux feuilles dites *roncinées*, *ailées*, *dentées*, etc.; ceci n'a plus besoin d'une démonstration; mais après avoir remonté du globule microscopique à la feuille la plus gigantesque, je vais, d'une manière plus directe, redescendre de la feuille au globule microscopique, et cette démonstration sera la contre-épreuve et le complément de l'autre.

176. Je prends une feuille de tulipe arrivée au *summum* de son développement, c'est-à-dire une feuille de 20 centimètres de long. Comme les cellules de l'épiderme de la tulipe, et en général des monocotylédones, sont disposées en séries parallèles et longitudinales, il est évident que, pour mesurer le développement de la feuille, je n'aurai besoin que de mesurer un ruban, c'est-à-dire une série longitudinale; que les autres séries suivront la même loi de décroissement que la série observée, et qu'ainsi ce que je dirai de cette série s'appliquera à toutes les séries longitudinales des deux pages de la feuille. Les cellules d'une série ne sont pas toutes de la même longueur; elles varient à l'infini entre des limites, il est vrai, peu éloignées; cependant celles du sommet de la feuille sont proportionnellement bien plus petites que celles de la base et du centre de la page. D'un autre côté, les pores corticaux (157) sont toujours plus courts que les cellules vides et adjacentes. Mais toutes ces différences peuvent disparaître, dans la démonstration, en ayant soin de prendre des moyennes à la base, au milieu et au sommet de la feuille. Ainsi, en obtenant un ruban composé de cinq cellules à la base de la feuille, on prend la moyenne de la longueur des cellules que ce ruban contient; on fait

la même opération sur deux points successifs, mais distans du centre de la page, et enfin au sommet du limbe. On prend ensuite la moyenne de toutes ces moyennes, qui donne la mesure aussi exacte qu'on peut l'obtenir, de la longueur qu'affecteraient toutes les cellules d'un ruban d'épiderme pris de la base au sommet de la feuille, dans le cas où toutes ces cellules seraient égales entre elles.

Ensuite, qu'on prenne la moyenne du nombre de cellules qui se trouvent sur un ruban de $\frac{1}{2}$ centimètre, et cela aux quatre points précédemment indiqués. Il est évident que si, par exemple, la moyenne d'un ruban de $\frac{1}{2}$ centimètre indiquait cinq cellules, un ruban complet d'une feuille de 20 centimètres de long devrait renfermer 200 cellules, résultat qu'on obtiendra encore par une espèce de contre-épreuve, c'est-à-dire par la longueur moyenne d'une cellule observée au microscope, qui sera de 1 millimètre.

Maintenant on n'aura qu'à répéter la même opération sur des feuilles du même individu, mais en passant successivement des plus grandes aux plus petites; et l'on trouvera que, lorsque la feuille n'a encore que dix centimètres de long, les cellules d'un ruban complet n'ont que $\frac{1}{2}$ millimètre; que lorsque la feuille n'a encore que cinq centimètres, les mêmes cellules n'ont que $\frac{1}{4}$ de millimètre; que lorsque la feuille n'a que deux centimètres, les cellules n'ont que $\frac{1}{8}$ de millimètre, etc. Enfin, en suivant cette loi de décroissement par l'analogie, à l'instant où l'observation directe est forcée de nous abandonner, il sera évident que, lorsque la feuille n'aura encore que $\frac{1}{4}$ de millimètre, les cellules de l'épiderme n'auront que $\frac{1}{992}$ de millimètre, et que par conséquent elles seront invisibles à nos moyens d'observation. A cet état la feuille sera une glande, un globule, dont l'épiderme jouera le rôle d'un tégument de fécule, renfermant de petits globules dans son sein; car il est évident que les cellules internes (*d c b a*, fig. 3, pl. 3) décroîtront, dans cette série d'observations, d'une manière proportionnelle au décrois-

sement des cellules de l'épiderme, puisque le contenu doit toujours être en rapport avec la capacité du contenant.

Or, cette démonstration, si simple et si inattendue, devient d'une exécution bien plus facile, quand on emploie à cet effet les belles feuilles de l'*aloës faux sucotrin* ou des *amaryllis*, etc., dont les cellules épidermiques sont si considérables.

177. *Tronc* (pl. 3, fig. 2). — Supposons qu'au lieu des deux globules (*aa*, fig. 3, pl. 3) il s'en développe toute une rangée circulaire dans le sein du globule maternel, il est évident que l'épiderme pressé sur tous les points de la circonférence, par des organes semblables qui se développent à la fois en longueur et en largeur, prendra la forme cylindrique; mais il est évident aussi que les globules (*aa*) se presseront entre eux beaucoup plus au centre qu'à la circonférence du cylindre, et que par conséquent une coupe transversale offrira chacune de ces grandes cellules secondaires sous la forme d'un coin (pl. 3, fig. 2, *aa*). Si les huit globules (*aa*) de cette dernière figure se développent en longueur, sans élaborer dans leur sein d'autres globules, on aura alors une organisation semblable à celle du long pétiole qui supporte la fleur du *Nymphæa alba;* chacun de ces globules formera un canal vide, dont une coupe longitudinale révèlera la forme prismatique à trois faces, et qui s'étendra de la base du pétiole jusqu'au sommet. A l'aide de ces deux ou trois considérations, il est facile de suivre, par la pensée, les modifications nombreuses que présentent les troncs ou tiges et rameaux, enfin tous les entre-nœuds des plantes appartenant aux diverses familles.

Car si dans le sein de chaque cellule (*aa*, fig. 2) s'élaborent un certain nombre de cellules assez grandes et peu infiltrées (*dd, ibid.*), on aura la partie centrale de certains troncs de monocotylédones, ou bien celle qui, dans certains végétaux (*sureau, vigne*), prend le nom spécial de *moelle*.

Mais si au lieu de cellules (*dd, ibid.*) s'élaborent des cel-

lules parallèles et concentriques, on aura là un commencement de couches concentriques, qu'une coupe transversale dessinera parfaitement bien, toutes les fois que des vaisseaux séveux (*h*) se seront formés dans leurs interstices; ces vaisseaux seront distans dans les monocotylédones, et serrés les uns contre les autres dans les troncs des dicotylédones.

Si les cellules (*cccc*), au lieu de cellules lâches et hexagonales (*ddd*), élaborent des cellules pressées les unes contre les autres (*g*), et si ces nouveaux organes se forment non pas immédiatement sur les parois des cellules (*ccc*), mais sur celles de cellules plus internes (*e*) qui s'emboîtent en grand nombre en tapissant toute la cavité des cellules (*ccc*), alors on aura, par une coupe transversale, l'organisation la plus compliquée d'un tronc de dicotylédone, avec ses couches emboîtées et concentriques (*h*), et ses différens *rayons médullaires*, qui ne sont autres que les interstices des cellules (*aa*), ou plutôt la réunion de leurs parois.

Dans le sein des globules (*aa*) pourront se former simultanément deux ou plusieurs cellules (*bb*); dans ce cas on regardera les interstices des cellules (*bb*), comme des rayons médullaires plus courts que les *rayons médullaires* formés par les interstices des cellules (*aa*); et dans l'intervalle de ces interstices pourront se développer et s'étendre, plus ou moins horizontalement, des cellules ou organes, jusqu'à la circonférence, pour y former des germes sous-corticaux. De même qu'un simple globule a fourni, par le seul développement des élémens de son organisation, à tant d'élaborations compliquées, dont l'ensemble harmonieux constitue le tronc, chaque cellule interne (*ddd g*) sera capable, dans le sein du tronc même, de cesser d'être stérile, et d'élaborer les mêmes organes que ceux dont elle émane; et alors on aura un nouveau tronc (*f*) tirant son origine du sein d'une cellule, et se comportant de jour en jour comme le tronc principal; ce sera ce que *Schabol* a appelé un *bourgeon adventif*.

En résumé la coupe transversale d'un tronc compliqué ne sera pas différente, par sa nature primitive et par son aspect, de la coupe transversale d'une orange, où les interstices des grandes cellules jouent si bien le rôle de *rayons médullaires*.

Ce que nous avons dit au sujet de l'épiderme de la feuille (176) s'applique immédiatement à l'épiderme du tronc, c'est-à-dire que les globules, dont ses parois sont tissues, deviennent de plus en plus visibles, et grandissent comme des cellules internes, avec la seule différence que, cédant à la pression intérieure, elles s'aplatissent en grandissant. Enfin ce que nous venons de dire de l'épiderme s'applique encore à toutes les parois des cellules internes du tronc, de quel ordre que ce soit.

Mais une fois ce premier rang circulaire (*aaa*) de cellules développé, le tronc ne reste pas stationnaire; et dans le centre même (*i*) arrive un nouveau cylindre qui se développe par le même mécanisme, en refoulant vers la circonférence le premier emboîtement qui se sacrifie à la nutrition du dernier venu; dès que les parois de l'ancien se sont vidées et totalement aplaties, elles ne forment plus qu'une couche inerte, mais protectrice, qui cède à l'effort de la pression intérieure, non plus en s'étendant et se développant, mais en se crevassant; c'est alors l'*écorce*, et chaque couche intérieure deviendra *écorce* à son tour. Ainsi l'ovaire se compose d'abord d'une forte couche externe qu'on nomme test, dont la chair se sacrifie au développement d'un emboîtement qui devient charnu à son tour; dans le sein de celui-ci se forme l'embryon, au profit duquel cette couche charnue qu'on nomme périsperme se sacrifiera aussi à l'époque de la germination.

§ 3. Consistance progressive des tissus cellulaire et vasculaire.

178. Il est à remarquer que, plus les parois de ces cellules avancent en âge et en développement, plus elles ac-

quièrent de la consistance ; d'abord lâches et mucilagineuses, pour ainsi dire, elles finissent par acquérir une dureté ligneuse qui résiste aux instrumens tranchans. Cette métamorphose tient à trois circonstances : 1° à la multiplication des cellules intérieures, qui agglutinent la surface extérieure de leurs parois à la surface interne de la paroi de la cellule-mère, et forment ainsi une somme considérable de couches *juxtaposées ;* 2° à la diminution progressive de la partie aqueuse de la substance organique et par conséquent à l'augmentation de la portion charbonneuse ; 3° à la combinaison de la substance organique avec une base terreuse, qui la solidifie pour ainsi dire et la transforme, de mucilage qu'elle était, en substance véritablement ligneuse. Je fournirai la démonstration de cette vérité, nouvelle pour la science des végétaux, en parlant des bases terreuses des tissus (*deuxième classe du système*) ; 4° enfin à la condensation, dans l'intérieur des cellules, des substances ayant peu ou point d'affinité pour l'eau, telles que les résines.

179. Mais si par la pensée nous voulons passer, en rétrogradant, par toutes les phases de l'accroissement d'un tissu ligneux, il nous sera facile de concevoir que, de même qu'avant d'être ligneux il a été mucilagineux et à peine consistant, de même avant d'être mucilagineux, il a dû être gommeux et soluble dans l'eau, et que par conséquent c'est la gomme qui est son élément organique. Or l'expérience confirme cette donnée ; car partout où doit se former du ligneux, vous trouvez de la gomme, et toutes les cellules de développement en renferment dans leur sein. D'un autre côté, l'analyse élémentaire donne les mêmes résultats pour le ligneux à son état d'intégrité et pour la gomme ordinaire. Enfin les réactifs acides peuvent rendre au ligneux sa première forme gommeuse, ainsi que nous le verrons plus bas [1].

(1) *Mém. sur la fécule.* Ann. des Sc. nat. Oct. 1825, pag. 29.

§ 4. Action du temps sur les tissus ligneux.

180. La nature de cet ouvrage ne me permet pas de m'occuper de l'action du temps sur le végétal vivant; on sait du reste que cette action est infiniment variable dans son énergie selon les diverses espèces de végétaux. Ainsi on cite des chênes de 1,000 ans, des cèdres de 2,000 et des *baobab* de 6,000 ans!!! tandis que telle autre plante ne dure que quelques mois. Je ne dois m'occuper ici que de l'influence du temps sur la désorganisation des tissus une fois dépouillés de la vie.

181. L'expérience, s'aidant du témoignage de l'histoire, démontre qu'à l'abri du contact d'un air humide, le ligneux, ainsi que la plupart des autres substances organisées, peut se conserver indéfiniment. La plante qu'on extrait des tourbières, où elle gisait depuis des siècles conserve encore ses tiges, ses feuilles, ses tissus, sans altération intime. Dans les cercueils des momies égyptiennes on retrouve les planches avec leur première dureté et leur premier aspect, quand elles ont été recouvertes avec une couche de couleur qui la protége; les tissus de lin qui enveloppent la momie n'ont presque rien perdu de leur souplesse et de leur ténacité. Sous les bandelettes qui emmaillotent la momie on rencontre souvent des paquets de plantes herbacées, que l'on peut analyser aussi facilement que les plantes de nos herbiers les plus modernes; racines, tiges, feuilles, pétales, étamines, pistils et graines, rien n'a été altéré. La fécule elle-même se montre avec tous ses caractères dans les organes de la graine [1]; et pourtant ces tombeaux remontent souvent à près de 3,000 ans.. Sous l'eau, et à une certaine profondeur, le bois se conserve indéfiniment, ainsi que le démontre la durée des pilotis.

182. Mais il n'en est plus de même dès que le ligneux

(1) Voyez mon travail sur les *céréales* des momies (*Mém. du Muséum d'histoire naturelle*. 1827.)

cesse d'être protégé contre l'action de l'humidité et de l'air. Peu à peu son hydrogène et son oxigène se dégagent, et le carbone devient de plus en plus prépondérant. Aussi les molécules du tissu se désagrègent chaque jour, leur couleur blanche se salit de plus en plus, et passe par toutes les nuances jusqu'au noir jayet; et ce ligneux, à la combustion, se carbonise sans produire de la flamme, vu que l'hydrogène n'est plus là pour se brûler par l'oxigène. Or tous ces phénomènes se montrent, non-seulement sur le bois coupé qu'on laisse exposé à l'air, mais encore sur l'écorce devenue inutile à la végétation, et ils sont d'autant plus intenses que l'exposition du bois aux influences atmosphériques date de plus loin.

183. Mais ce qu'il ne faut pas perdre de vue, c'est que ces altérations ont lieu d'une manière lente et graduée, de proche en proche et du dehors au dedans (32). Lorsqu'on soumettra donc, aux expériences en-grand, un fragment un peu considérable de bois ou d'écorce, on obtiendra des résultats aussi variables que peuvent l'être les circonstances dans lesquelles le tissu se sera altéré, l'espace de temps pendant lequel il aura été soumis à l'influence de ces circonstances, et l'essence d'arbre qu'on analyse; et il ne devra pas paraître étonnant que la même espèce d'arbre analysée par deux chimistes également habiles offre des proportions très différentes.

184. Observez encore que les cellules du ligneux renferment des substances organisatrices qui varient de nature, se modifient ou se mêlent de bien des manières. Or il est impossible de dépouiller entièrement le ligneux de ces substances accessoires, quelque procédé qu'on emploie; car avec quelques soins minutieux que l'on procède, on admettra sans peine que la petitesse de ces cellules en rendra un nombre immense inabordable à nos menstrues, et que le tissu que nous croirons avoir épuisé par les plus nombreux lavages recélera encore une quantité suffisante

de ces substances pour fausser les résultats de l'expérience. Ceux qui révoqueraient en doute la vérité de cette assertion n'auront qu'à examiner au microscope le tissu obtenu à l'état apparent de la plus grande pureté possible, à recommencer l'analyse à l'aide de cet instrument, et leur illusion ne tardera pas à être dissipée. Ces considérations vont donner la clé des anomalies que l'on remarque dans les expériences suivantes.

§ 5. Densité et composition élémentaire du ligneux.

185. Quoique le bois flotte au-dessus de l'eau, il est certain pourtant que sa pesanteur spécifique est plus grande que celle de l'eau, et que sa légèreté apparente ne tient qu'à la présence de l'air, qui reste emprisonné dans les vaisseaux dont son tissu est traversé dans tous les sens. Car une fois privé d'air, soit parce qu'on fait l'expérience dans le vide, soit parce que l'eau, par un séjour prolongé, est parvenue à remplacer l'air dans les mêmes tubes, alors le bois le plus léger tombe au fond de l'eau. Mais la pesanteur du bois peut être plus ou moins grande, selon la nature et les proportions des substances renfermées dans les cellules et dans les vaisseaux; l'on conçoit, par exemple, que le bois dans lequel l'huile, soit fixe, soit essentielle, abondera, sera spécifiquement plus léger que celui qui n'en renfermera que des quantités minimes. Aussi voit-on la pesanteur spécifique du bois exempt d'air varier depuis 1,46 (*sapin* et *érable*) jusqu'à 1,53 (*chêne* et *hêtre*) [1]. Quant à la pesanteur spécifique du ligneux proprement dit (156), les expériences manquent, et, par la raison que j'ai exposée ci-dessus (184), le résultat qu'elles fourniraient ne saurait être considéré comme rigoureusement exact.

186. La pesanteur relative du bois, c'est-à-dire la pesanteur du bois pesé dans l'air, varie à l'infini, selon l'âge

(1) Le bois de chêne vert est si pesant qu'il tombe au fond de l'eau, même avant d'avoir été privé d'air.

et la nature des végétaux, et selon la région de l'organe soumis à l'expérience. Aussi, d'après Varenne de Fenille, un pied cube de sorbier cultivé pèse 72 livres environ, tandis qu'un pied cube de peuplier d'Italie ne pèse que 25 livres; et tous ceux qui se sont occupés de l'exploitation des bois et forêts, savent que l'aubier d'un arbre quelconque pèse moins que le cœur du tronc.

187. Les différences dans la nature et dans les proportions des substances organisatrices renfermées dans les cellules du ligneux (184), modifieront les résultats de l'analyse élémentaire, de telle manière que, si l'on n'était pas averti d'avance, on serait en droit de se méprendre sur la nature de la substance soumise à l'opération. Il faut en dire autant de l'influence de l'âge du végétal, et de la durée de son exposition à l'air sur les résultats de l'analyse (182). En conséquence, tel auteur trouve plus de carbone, l'autre trouve une plus grande proportion d'eau, tel autre un léger excès d'hydrogène. Ce dernier résultat s'explique suffisamment, par la présence de la résine ou autre substance fortement hydrogénée dans les cellules du tissu analysé; mais l'analogie indique que ces anomalies disparaîtraient si, au lieu de soumettre à l'analyse le bois, c'est-à-dire, l'ensemble de près de dix substances différentes, sans compter les sels inorganiques, on pouvait employer le ligneux (156) pur de tout mélange.

Composition élémentaire du ligneux :

	Carbone.	Hydrog.	Oxigène.	
D'après Gay-Lussac et Thénard.	52,53...	5,69...	41,78	(*bois de chêne*).
	51,45...	5,82...	42,73	(*bois de hêtre*).
D'après Prout.	50,00...	5,35...	44,65	(*bois de saule*).
	49,00...	5,47...	45,53	(*buis*).

On voit que Prout trouve, que le bois examiné se compose d'une moitié de carbone, et d'une autre moitié, dans laquelle l'oxigène et l'hydrogène entrent dans les propor-

tions convenables pour former de l'eau, tandis que Gay-Lussac et Thénard rencontrent de leur côté, en opérant sur d'autres essences d'arbres, un excès d'hydrogène qui, dans la première expérience, s'élève à 0, 46. Dans son traité de chimie, Thénard a négligé cet excès d'hydrogène, et il a représenté la composition du ligneux par 52 de carbone et 48 d'un mélange d'oxigène et d'hydrogène dans les proportions voulues pour former de l'eau.

188. Mais, je le répète, ces analyses donnent la composition du bois et non celle du ligneux (187) qui, obtenu dépouillé de toutes les substances étrangères, se réduirait au simple squelette formé par l'adhérence des parois des cellules et des vaisseaux. On pense, d'après des expériences qui ne me paraissent nullement rigoureuses, que le ligneux est, à l'égard du bois, dans le rapport de 0,96 ou 0,97 à 100.

§ 6. Moelle des végétaux. (*Médulline* Chevr.)

189. Les physiologistes ont admis, dans toute espèce de végétal, l'existence d'un canal central qui traverse le tronc et les tiges, et qu'ils ont nommé moelle. Mais ils seraient fort embarrassés, si on les invitait à indiquer le diamètre et les caractères physiques de cet organe, si essentiel, d'après eux, à la vie du végétal, et surtout s'il fallait l'indiquer sur un certain nombre d'espèces différentes. Quelle analogie, par exemple, entre la moelle du sureau, si blanche, si poreuse et si légère, et la partie centrale du chêne, si colorée, si compacte et si pesante! Où est donc ce canal qui traverse, dans toute sa longueur, l'axe d'un végétal, quand on examine les chaumes des graminées, qui, de distance en distance, sont cloisonnés par des diaphragmes? Nous définirons donc autrement la moelle, et, au lieu de l'indiquer dans tous les végétaux, nous ne l'admettrons que dans un certain nombre; au lieu de la considérer comme un or-

gane essentiel à la végétation, nous ne l'admettrons que comme une portion de tissu, épuisée par la végétation, au profit du développement d'autres organes; enfin, pour nous, la moelle ne sera que *le tissu cellulaire, épuisé, par la végétation, de toutes les substances organisatrices qu'il recélait primitivement dans ses cellules;* c'est le ligneux (156) réduit à sa plus simple expression, à sa plus grande pureté, c'est-à-dire aux seules parois de ses cellules et vaisseaux. C'est avec ces caractères que nous le trouverons dans le centre des tiges du sureau, à la base de la cavité de chaque entre-nœud de graminée, et dans la pulpe des pommes de terre, épuisée mécaniquement par de fréquens lavages; c'est là enfin la substance qu'on devra analyser, lorsqu'on voudra connaître la composition élémentaire du ligneux.

190. M. Chevreul avait placé la moelle du sureau parmi les principes particuliers, sous le nom de *médulinc,* en se fondant sur ce que le *ligneux* (l'auteur voulait sans doute dire le *bois*) ne donne que 16,3 pour 100 de charbon par la calcination, tandis que la moelle de sureau en donne 25 pour 100. Or, en admettant ce caractère comme spécifique, il faudrait peut-être créer autant de noms différens qu'on soumettrait de végétaux à la calcination, ou qu'on modifierait les procédés de la calcination. Qui ne voit en effet que le ligneux étant pénétré d'eau, de substances hydrogénées et fortement inflammables (187), doit donner bien moins de charbon que la moelle pure de toute substance capable d'activer la combustion, c'est-à-dire l'oxigénation du carbone, et par conséquent sa volatilisation sous forme de gaz oxide ou acide carbonique?

§ 7. Écorce des végétaux. (*Subérine* Chevr.)

191. J'ai dit (177) que l'écorce des végétaux n'était autre chose que l'ensemble des couches du bois, qui étaient successivement refoulées vers la circonférence d'une tige, par

les couches plus internes, au développement desquelles celles-là s'étaient sacrifiées. Mais il ne faudrait pas croire qu'en devenant inertes elles se soient épuisées, comme la moelle (189), de toutes les substances que leur tissu renfermait dans ses cellules. Les substances résineuses, oléagineuses y abondent encore, et contribuent de jour en jour à l'endurcissement de ces couches, en acquérant une plus grande solidité. Quand donc il s'agira d'analyser l'écorce, il est évident que l'on rencontrera encore plus de difficultés pour arriver à un résultat exact, que lorsqu'on avait à analyser le tissu plus lâche et plus perméable du ligneux.

192. Ce que je viens de dire ne laisse pas que de s'appliquer même à l'écorce du *quercus suber*, que l'on connaît dans le commerce sous le nom de *liége*, et qui se distingue par son élasticité. Car il suffit d'examiner au microscope, et même à l'œil nu, le tissu du liége et celui du bois, pour s'assurer que celui-ci est mille fois plus poreux, plus criblé de vaisseaux, et par conséquent plus perméable aux réactifs que l'autre.

193. Ainsi toutes ces cellules corticales, pleines de substances si variées et si opposées par leurs propriétés physiques et chimiques, se tassent et se recouvrent les unes les autres, de manière que les résineuses forment un obstacle au dissolvant de la gomme, et les gommeuses forment un obstacle au menstrue destiné à dissoudre la résine. La division mécanique du tissu tend, il est vrai, à diminuer la somme de ces résistances, mais non à les faire disparaître entièrement. Il restera donc toujours, quoi qu'on fasse, une certaine quantité de substances étrangères dans les cellules et les vaisseaux du tissu; et si le chimiste ne tient pas compte de leur présence, il se verra exposé à bien des méprises et à bien des créations imaginaires.

194. C'est ce qui est certainement arrivé à Chevreul, lorsqu'il a considéré le *tissu* du liége comme une substance

sui generis, et distincte du *ligneux* par un caractère qui serait des plus saillans, s'il n'était pas étranger au tissu de cette écorce. Il suffira, pour s'en convaincre, de rappeler les procédés dont l'auteur s'est servi, pour obtenir la *subérine* et pour reconnaître les caractères qu'il lui assigne.

195. L'auteur épuise le liége râpé par divers dissolvans propres à s'emparer des matières astringentes, résineuses et grasses que ses cellules contiennent. Le résidu, c'est la *subérine*, substance qui est très inflammable, et laisse un charbon léger. A la distillation sèche, la subérine donne de l'eau, puis une huile incolore et une huile jaune, qui sont toutes les deux acides, de même que l'eau; ensuite une huile brune, un peu d'ammoniaque, une substance grasse, cristalline, insoluble dans la potasse caustique, des gaz combustibles et un charbon poreux, égal en poids au quart de la subérine employée.

196. Or l'analogie se refuse à laisser croire que le squelette d'une écorce donne lieu, par ses propres élémens, à tant de produits divers; car on n'en obtiendrait pas d'autres de la distillation sèche des substances réunies que les dissolvans ont enlevées, dans la première opération, au liége râpé. Mais le principal caractère que l'auteur assigne à la *subérine*, c'est que, par l'acide nitrique, ce résidu fournit un acide nouveau que l'auteur a nommé *acide subérique* et dont nous nous occuperons plus spécialement en son lieu, en avertissant d'avance que cet acide se rapproche, par tous ses caractères, des acides provenant des substances résineuses et fortement hydrogénées. Eh bien! l'analogie et les expériences de l'auteur se réunissent, pour démontrer que ce n'est point au tissu du liége, mais à ses substances organisatrices, qu'il faut attribuer la formation de cet acide sous l'influence de la réaction de l'acide nitrique.

197. En effet l'auteur ayant traité par l'acide nitrique 50 parties de liége ordinaire, 50 parties de liége lavé à l'eau

et 50 parties de *subérine* ou de liége épuisé par les dissolvans, a obtenu les produits suivans :

	Liége ordinaire,	liége lavé,	subérine.
Matière fibreuse, blanche insoluble.	0,18.	0,90.	1,0
Résine.	14,72.	17,50.	10,0
Acide oxalique.	16,00.	10,60.	7,6
Acide subérique.	14,40.	19,6.	22,4.

La perte consiste en une matière jaune, amère, dissoute dans l'eau-mère, en acide carbonique et en eau formée de toutes pièces.

198. Or la résine qu'on retrouve dans la *subérine*, en la traitant par l'acide nitrique, avait échappé opiniâtrément aux dissolvans, et, pour la mettre à nu, il a fallu corroder les parois des cellules en les métamorphosant en acide oxalique. La *subérine* n'était donc pas une substance immédiate, mais un mélange. Mais si le tissu a conservé de la résine, quelle raison aurait-on de croire qu'il n'ait pas conservé aussi de l'huile, de la cire, et autres substances que les dissolvans enlèvent au liége; et, d'un autre côté, s'il est indubitable que la subérine soit un mélange (variable suivant les procédés et les instrumens de division) de toutes ces substances étrangères, pourquoi ne pas attribuer la formation de l'acide subérique, par l'acide nitrique, aux élémens de ces substances plutôt qu'aux élémens du tissu cellulaire du ligneux?

199. Au reste, au lieu d'opérer sur 50 parties de liége d'un côté, et sur 50 parties de subérine, si l'auteur avait pris une certaine quantité de liége ordinaire pour la soumettre à la réaction de l'acide nitrique, et qu'épuisant ensuite une quantité égale de liége ordinaire, il eût soumis le résidu, quel qu'en fût le poids ou le volume, à la réaction de l'acide nitrique, tout porte à croire qu'il aurait obtenu bien

moins d'*acide subérique* dans la dernière que dans la première expérience.

200. On retrouve cet *acide subérique*, d'après l'auteur, dans l'épiderme (substance corticale jaune) du bouleau, du cerisier et du prunier. Or ces écorces renferment des substances résineuses et grasses presque en aussi grande quantité que le liége.

201. Il faut donc rayer des catalogues de la science la *subérine* et la *méduline*.

§ 8. ULMINE, HUMUS OU GÉINE, c'est-à-dire simples altérations spontanées ou artificielles des tissus ligneux.

202. En faisant l'analyse d'une exsudation brune d'écorce d'orme, c'est-à-dire de la sanie d'un de ces ulcères si fréquens sur cette espèce d'arbres, Vauquelin découvrit en 1797 une substance solide, d'un noir brillant, très fragile, insoluble dans l'eau froide, très soluble dans l'eau bouillante qu'elle colore en brun jaunâtre, beaucoup plus soluble dans l'alcool et dans l'acide sulfurique concentré, et qui est précipitée de ces deux dissolutions par l'eau.

203. Cette substance fixa successivement l'attention de Klaproth, Berzélius, Smithson et Braconnot qui la rencontra dans le terreau du creux d'un arbre, dans la tourbe, dans une variété de lignite brunâtre ; il en produisit même artificiellement en chauffant avec un peu d'eau, dans un creuset d'argent ou de fer, parties égales de sciure de bois et de potasse caustique, et saturant la potasse par l'acide sulfurique qui précipite tout à coup l'*ulmine*. Berzélius admit ensuite en principe que l'ulmine formait une partie constituante de l'écorce de presque tous les arbres.

204. Les caractères de l'*ulmine* obtenus artificiellement étaient, d'après Braconnot, de rougir à chaud la teinture de tournesol, de former avec la potasse et l'ammoniaque des combinaisons très solubles dans l'eau, et qui sont décomposées par les acides, l'eau de chaux et les sels terreux ; enfin

de produire, quelque temps après le mélange, des précipités par les nitrates de baryte et d'argent, le trito-sulfate de fer, les chlorures de soude et de chaux, et l'acétate d'alumine.

205. Dobereiner et Sprengel, se fondant sur ces caractères, ont considéré cette substance comme un acide, et Sprengel a désigné l'ulmine du terreau végétal, ou bien l'humus, sous le nom d'acide humique.

206. Dès le mois de juillet 1826 [1], j'appelai l'attention des chimistes sur les circonstances trompeuses qui s'étaient jouées, pour ainsi dire, de la sagacité des chimistes, et je démontrai qu'au lieu d'avoir obtenu, après tant de travaux compliqués, un principe immédiat, on n'avait fait que prêter un ou plusieurs noms nouveaux à un mélange de corps altérés, et que l'acidité même de ces *detritus* pouvait bien être tout-à-fait artificielle.

207. Ces observations paraissent avoir ébranlé la conviction de Berzélius. Car dans son traité de chimie (tom. VI, pag. 237) il invite les chimistes à rejeter le nom d'ulmine, comme ayant servi à indiquer des extraits mucilagineux de diverses natures; mais, comme par compensation, à la page 572 du même volume, il crée un nouveau nom (*géine*) pour désigner l'*humus* végétal que Braconnot assimilait à l'*ulmine;* il désigne sous le nom d'*extrait de terreau* le principe du terreau qui est soluble dans l'eau; et quant à la substance charbonneuse qui reste après l'opération, et qui est insoluble dans l'eau, l'alcool, les alcalis et les acides, il la désigne sous le nom de *terreau charbonneux*. Ainsi pour un nom supprimé, en voilà trois de créés; à ce compte et sous ce rapport, la science ne s'est pas appauvrie. Il est fâcheux seulement que Berzélius ait consacré tant de pages de sa nouvelle publication à réhabiliter une substance dont les chimistes, depuis notre premier travail, n'osaient plus s'occuper que pour mémoire. En relisant ce qu'en écrit au-

(1) *Mém. sur les tissus organiques.* Tom. III des Mém. de la Société d'histoire naturelle de Paris, § 95.

jourd'hui Berzélius, il est impossible de ne pas voir l'homme luttant contre la nécessité d'une réforme que toute sa réputation ne saurait retarder. Or voici à quoi se réduit la substance désignée sous le nom d'*ulmine* (Vauquelin et Braconnot), d'*apothème brun* (Berzélius), d'*humus* ou d'*acide humique* (Sprengel), de *géine* et d'*acide géique* (Berzélius).

208. Le ligneux, tel que nous l'avons défini (156), étant formé d'une molécule de carbone et d'une molécule d'eau, (188) dès qu'on le soumet à l'action d'une chaleur un peu forte et à l'abri du contact de l'air, éprouve une réaction intestine qui tend à séparer la molécule d'eau de la molécule de carbone; l'eau se vaporise et le carbone reste sous forme d'un résidu noir et poudreux. Si vous l'observez, après l'avoir broyé, au microscope, vous n'apercevez que des globules noirs et opaques, que l'on reconnaît être sphériques, malgré leur extrême petitesse. Ces globules, restant en suspension dans l'eau, semblent s'y dissoudre en la noircissant; mais on s'assure au microscope que cette dissolution apparente n'est qu'une véritable suspension.

209. Si, à l'action de la chaleur, vous joignez celle des réactifs extrêmement avides d'eau, tels que les alcalis caustiques, les acides sulfurique et hydrochlorique concentrés, il est évident que la carbonisation s'opérera plus vite; mais comme ces substances agiront non-seulement comme agens de décomposition, mais encore comme agens de combinaison, il s'ensuit que le carbone pourra se trouver mêlé à des substances de nouvelle création qui seront capables de lui prêter des propriétés nouvelles. D'un autre côté, l'on sait que les molécules de carbone ont la faculté d'absorber, de condenser dans leurs pores les gaz et les acides, etc., dans des proportions étonnantes; si donc vous traitez le ligneux par les acides forts, soit immédiatement, soit pour saturer une base alcaline, il résultera que le carbone s'emparera d'une partie de ces acides, de telle sorte que les plus grands lavages à froid ne pourront l'en séparer. Mais dès que l'on

soumettra ce mélange à l'action de la chaleur, l'acidité ne tardera pas à devenir manifeste. Ajoutez à toutes ces considérations une considération non moins importante, qui est la présence, dans le ligneux, de substances étrangères et disparates que les acides et les alcalis peuvent désorganiser tout aussi bien que le ligneux, en les transformant cependant en produits d'une autre nature ; et il vous sera facile de ramener, à un simple phénomène de carbonisation, les phénomènes en apparence si variés, qui ont donné lieu à la création des substances d'une nature analogue à l'ulmine. Il suffit en effet, pour s'en convaincre, d'examiner en détail les caractères que les auteurs ont successivement assignés à cette substance polymorphe.

210. *Cette substance est plus soluble à chaud qu'à froid, et,* d'après Sprengel, *lorsqu'elle est entièrement sèche, elle ne se dissout plus dans l'eau à aucune température.* — Lorsque vous précipitez l'*ulmine* par un acide, il se forme des coagulum qui se tassent et se pressent au fond du liquide ; l'action de la chaleur, en dilatant les substances emprisonnées dans ces grumeaux, les désagrège ; l'ébullition les répartit dans toute la masse du liquide, qui, même après le refroidissement, les retient en suspension à cause de leur légèreté. Mais si, par la dessiccation, on a chassé toutes les molécules d'eau, et autres substances volatiles que ces grumeaux avaient emprisonnées, et qu'on ait ainsi rapproché plus intimement les particules hétérogènes de ce mélange charbonné, il est évident que ces gros grumeaux, refusant de se désagréger, retomberont toujours au fond du vase par le moindre repos. Mais dans toutes ces opérations, il est facile de constater au microscope que cette solubilité, à laquelle Sprengel a fait jouer un rôle si important relativement aux phénomènes de la végétation, n'est qu'une suspension plus ou moins prolongée, selon les dimensions plus ou moins grandes des particules charbonnées.

211. *La géine acide se dissout difficilement et incomplètement*

dans l'alcool (Berzélius). — Cette substance, provenant du ligneux traité par la potasse, doit nécessairement conserver après l'opération une assez grande quantité de substances huileuses, grasses et résineuses, que le ligneux possède dans ses cellules. Ces grumeaux à demi charbonnés peuvent donc être considérés comme un *magma* de gomme, de charbon, de résine, soudés ou adhérens grossièrement entre eux. Il n'y a donc rien d'étonnant que l'alcool parvienne à en désagréger quelques-uns et à isoler par conséquent des particules que leur légèreté spécifique fera monter et rester en suspension. Au reste le microscope fait justice de cette dissolution illusoire, comme de la première.

212. *L'ulmine séparée de son dissolvant par l'alcool se redissout dans l'eau avec des phénomènes très curieux. On voit les grumeaux monter et redescendre avec rapidité* (Vauquelin). — Ces phénomènes si curieux se réduisent à des phénomènes très ordinaires et qui s'expliquent sans le moindre effort d'imagination. Il suffit de faire dissoudre sous ses yeux des fragmens de sucre spongieux; on voit ces fragmens monter et descendre maintes et maintes fois, mais on observe en même temps que leur surface et par conséquent leur pesanteur varient à chaque ascension et à chaque précipitation nouvelle. Ajoutez à cette première cause la présence d'une certaine quantité d'alcool dans le précipité que Vauquelin observait, et ces mouvemens devront être plus précipités et plus variés, à cause de l'évaporation des molécules alcooliques (18).

213. *La dissolution de l'ulmine dans l'eau et dans l'alcool rougit le papier de tournesol, tandis que la partie non dissoute est sans action sur ce réactif* (Braconnot, Sprengel, Berzélius, etc.). Dès l'année 1827 [1] nous avions fait observer aux chimistes que l'acidité de cette substance lui est tout-à-fait étrangère. Car pour précipiter l'ulmine traitée par la potasse, on se

(1) Voyez notre *Mémoire sur les tissus organiques*, § 90, tom. III des Mémoires de la Société d'histoire naturelle de Paris, 1827.

sert d'un acide, de l'acide hydrochlorique, par exemple; or, disions-nous, il est impossible d'enlever, même par les plus nombreux lavages, à une substance organisée, l'acide quelconque avec lequel on l'aura mise en contact; en sorte que, soit à froid, soit à chaud, cette substance organisée ne cessera jamais de décéler la présence de cet acide, tant qu'on ne l'aura point désorganisée par le feu. Ces réflexions frappèrent Sprengel qui s'attacha à dépouiller l'ulmine, ou, pour me servir de ses expressions, l'acide humique de l'acide hydrochlorique dont il s'était servi pour le précipité, et il crut y être parvenu après un certain nombre de lavages; car le nitrate d'argent ne réagissait plus alors d'une manière sensible. Or Berzélius fait justement remarquer que cette preuve est nulle, vu que les chlorures d'argent, ainsi que les autres sels à même base, sont réduits par les corps contenant du carbone et de l'hydrogène. Mais après avoir émis une idée aussi juste, Berzélius n'en persiste pas moins à considérer cette substance comme immédiate, en faisant remarquer seulement que, *dans les descriptions de la géine, on a attribué les propriétés de celle qui a été changée par l'action d'un alcali à la géine qui n'a pas été altérée. La géine*, dit l'auteur, *qui rougit le papier de tournesol, est la même, quel que soit l'acide qui ait servi à la précipiter*[1]. Mais Berzélius n'a sans doute pas rappelé à son esprit, en écrivant ces lignes, que la potasse mise en contact avec le ligneux détermine la formation d'acides carbonique, acétique, oxalique, et sans doute de beaucoup d'autres encore selon la nature du végétal. Voilà donc bien des causes d'acidité pour cette substance plus ou moins carbonisée. Au reste, il faut admettre en principe que l'acidité est inséparable de la solubilité; or la substance noire qui compose la *géine* est un mélange de globules carbonisés aussi insolubles que les fragmens de charbon

(1) La pensée de Berzélius est assez difficile à saisir, car un peu plus haut l'auteur dit *que dans son état naturel la géine est sans action sur le papier tournesol.*

obtenu par la voie directe, ainsi qu'on peut s'en assurer au microscope; donc l'acidité que manifeste le liquide qui tient ces globules en suspension leur est tout-à-fait étrangère.

214. *Si l'on ajoute un acide à une dissolution alcaline de géine, celle-ci est précipitée.* Cette précipitation provient ou bien de ce que l'acide produit des coagulum, en s'emparant de la potasse qui tenait en dissolution quelques substances provenant du ligneux désorganisé, ou bien de ce que les globules carbonisés, jouissant de la propriété d'absorber et de condenser les acides, acquièrent par-là une pesanteur spécifique plus grande. Quant à la première explication, on ne doit pas perdre de vue que le bois qu'on traite par l'alcali renferme bien des substances hétérogènes (187). Au reste, ces deux hypothèses peuvent exister à la fois, et il faut bien ranger ce précipité dans l'ordre des phénomènes physiques, puisque l'observation directe au microscope ne permet plus de les considérer comme l'effet d'une réaction chimique.

215. Si l'on filtre la géine précipitée par un acide, et qu'on la soumette à des lavages réitérés, *tant que la liqueur qui passe par le filtre contient de l'acide libre, elle est incolore; ensuite elle commence à se colorer, et à la fin elle dissout jusqu'à $\frac{2}{3}$ pour cent de son poids de la masse précipitée* (Berzélius). A mesure que l'eau des lavages étend l'acide du précipité, la substance coagulée par l'acide commence à se désagréger; les molécules charbonnées qu'elle emprisonnait s'isolent et passent ainsi librement à travers les mailles du filtre (52), en sorte que l'eau paraît s'en colorer.

216. *L'ulmine* ayant été transformée en *acide ulmique* ou bien en *acide humique*, il était rationnel qu'on étudiât ses combinaisons avec les bases. Sprengel et Boullay ont entrepris cette tâche vraiment pénible, et ils ont publié à ce sujet un travail qui effraierait l'imagination par l'anomalie des faits qu'il renferme, si, après ce que nous venons d'exposer, on ne savait à quoi s'en tenir sur le compte de cet acide.

Prenez du charbon pulvérisé, mêlez-y un peu de résine et de gomme, plus un acide quelconque, et vous combinerez ce mélange avec les bases de manière à pouvoir publier un travail plus volumineux que ceux de Sprengel et Boullay jeune. Ces deux auteurs ont même cherché non-seulement la composition élémentaire de cet acide, mais encore sa capacité de saturation; mais leurs résultats sont si discordans entre eux, et s'accordent si peu avec les lois de la chimie, que les auteurs les plus favorablement portés en faveur de ces écarts de l'ancienne chimie n'ont pu les enregistrer que comme des faits particuliers; nous ne chercherons donc pas, nous, à nous y arrêter.

217. Nous terminerons seulement cet article, en énonçant que, par suite de tels principes, on trouverait autant d'*ulmines* différentes qu'on opérerait sur des essences différentes de végétal, ou sur des organes différens. Ainsi l'ulmine obtenue directement de la trituration de l'écorce ou de la carie de l'orme [1] différera en couleur de celle qu'on obtiendra par la réaction de la potasse pendant la torréfaction, et celle-ci différera d'elle-même selon le temps qu'on mettra à la torréfier. Enfin si au lieu de bois on se sert de papier, on obtient une ulmine à un tel état de division qu'elle reste en suspension au-dessus de l'eau, même à froid : l'acide sulfurique l'en précipite, mais si l'on n'a pas soin de pulvériser les gros grumeaux que la torréfaction produit, ces gros grumeaux restent aussi indivisibles à chaud qu'à froid; ce qui se concevra facilement en faisant attention que, pendant la torréfaction, des parcelles de potasse ont pu s'envelopper d'une couche de ces granulations noires soudées entre elles par la torréfaction, et qui protégent ainsi l'alcali contre l'affinité de l'eau; en les broyant au contraire,

(1) L'acétate de potasse et le carbonate de la même base, qu'on retrouve dans le suc qui découle des ulcères d'orme, suffit, je pense, pour être en droit de penser que l'ulmine de ce liquide résulte, comme dans nos laboratoires, de la réaction de l'alcali.

on met à nu la potasse que l'eau dissout, et les grumeaux plus divisés restent plus facilement en suspension.

218. Quant au *terreau charbonneux* de Berzélius, il est évident, par la description qu'il en donne, que ce n'est autre chose que l'ulmine à un état de division trop grossier pour lui permettre de monter en suspension dans le liquide.

219. De tous les faits que l'étude de ce corps si trompeur a fournis à la science, trois seuls méritent de fixer l'attention. Le premier est que ce résidu charbonneux, d'après Th. de Saussure, transforme l'oxigène de l'air en acide carbonique; le second, que, pendant l'opération de la torréfaction de la sciure de bois avec la potasse, il se dégage en abondance du gaz hydrogène uni à très peu de carbone; le troisième, enfin, qu'en délayant ensuite la masse dans l'eau, elle absorbe à l'instant même l'oxigène de l'air, et passe du jaune au brun (*Chevreul*). Or le second résultat s'accorde très bien avec ce que nous savons de la formation des acides acétique, carbonique et oxalique par suite de l'action alcaline. Car le ligneux pouvant être représenté par une combinaison d'une molécule de carbone et d'une molécule d'eau (187), et celle-ci se composant à son tour d'un atome d'oxigène et de deux atomes d'hydrogène; pour former une molécule d'acide acétique (3 O 6 H 4 C), une molécule d'acide carbonique ($\ddot{C}$, ou 1 C 2 O), une molécule d'acide oxalique (3 O 2 C, ou $\dddot{C}$) il faudra désorganiser huit molécules de ligneux, dont il restera, sans être employés, 1 de carbone et 10 d'hydrogène, en sorte qu'il se dégagera sous forme gazeuse de l'hydrogène libre et du gaz hydrogène carboné au minimum (*gaz carburé tétrahydique* de Berzélius); en même temps l'alcali se sature d'eau, aux dépens d'autres molécules ligneuses qui restent sous forme de résidu plus ou moins charbonneux.

220. L'acide sulfurique et l'acide hydrochlorique, en raison de leur grande avidité pour l'eau, jouissent, comme les alcalis caustiques (potasse, soude, chaux), de la faculté de

réduire le ligneux à ses molécules de carbone. Mais leur action est si intense et si durable que le ligneux charboné ne tarde pas à être divisé en globules assez petits pour échapper par leur forme à l'observation, quoiqu'ils colorent en noir le liquide (210). Or, comme on peut suivre jour par jour, au microscope, cette division à l'infini, et que, lorsque les globules sont encore appréciables, on peut se convaincre que la coloration en noir de l'acide n'est due qu'à une simple suspension, l'analogie fait une loi de croire que, lorsque ces globules noirs ne sont plus susceptibles d'être appréciés, la coloration qu'ils communiquent au liquide désorganisateur ne tient pas à d'autres phénomènes.

221. Le chlore blanchit le ligneux sans le détériorer. C'est à cette découverte qu'est due la révolution qui s'est opérée dans l'art du blanchîment des toiles.

§ 9. Combinaison prétendue du ligneux et de l'amidon.

222. Je ne sais pas si, après tous les développemens que j'ai donnés ci-dessus à l'histoire de la fécule, je devrais m'occuper ici d'une prétendue substance que Einhof et Vauquelin considéraient comme un mélange intime d'amidon et de fibre végétale. Cette substance s'obtiendrait du tissu des pommes de terre, après l'avoir séparé, par la trituration et par de fréquens lavages, de toutes les parties que l'eau est susceptible ou d'entraîner ou de s'assimiler. Elle s'offrirait sous forme de fibres tenaces et translucides, se desséchant en une masse dure, blanc-grisâtre, fendillée, se ramollissant par l'ébullition avec l'eau, et se transformant en grumeaux translucides, et à la fin en un empois également translucide; délayée dans l'eau sans avoir été soumise à l'ébullition, elle s'aigrit promptement et se convertit en vinaigre dans l'espace de deux jours. Berzélius considère cette substance comme étant analogue *à l'enveloppe insoluble des grains d'amidon* (tégumens, 26).

223. Ces trois chimistes ont raisonné d'après l'hypo-

thèse que, toutes les fois que l'eau n'enlève plus rien aux tissus organisés, c'est que ces tissus ne renferment plus rien qui soit susceptible d'être enlevé par l'eau. Mais nos expériences ont suffisamment démontré la fausseté d'un axiome qui a causé tant d'erreurs en chimie organique. En examinant au microscope, et cela avec le secours des réactifs, cette substance hermaphrodite, on ne tarde pas à reconnaître qu'une foule de grains d'amidon sont restés opiniâtrément attachés aux parois des cellules, même de celles qui ont pu être déchirées par le déchirement ou par la trituration. Voilà tout le secret de cette découverte, qu'il nous faut encore rayer des catalogues de la science.

§ 10. Transformations réelles du ligneux par l'action des alcalis et des acides.

224. Le ligneux possédant presque la même composition élémentaire que l'amidon, il n'est pas étonnant que l'action des acides puisse lui faire subir les mêmes transformations qu'à cette dernière substance.

225. L'action de l'acide nitrique concentré jaunit d'abord le bois, le désorganise, le réduit en une masse pulvérulente, et finit par le dissoudre en le convertissant, d'abord en acide malique (6 O 9 C 6 H), et, par une opération plus prolongée, en acide oxalique (219).

226. L'acide sulfurique donne lieu à deux résultats encore plus intéressans sous le rapport physiologique ; car, d'après nous, l'acide en cette circonstance semble moins métamorphoser le ligneux que lui rendre sa forme primitive (179). C'est à Braconnot que nous devons la première de ces découvertes et à Kirchoff que nous devons la seconde.

227. Vingt-quatre grammes de toile de chanvre usée, bien sèche, arrosée peu à peu avec trente-quatre grammes d'acide sulfurique concentré, de manière que la masse s'échauffe à peine et s'imbibe également, finissent par disparaître sans dégagement de gaz ; et il en résulte une masse

mucilagineuse, très tenace, poissante, peu colorée, entièrement soluble dans l'eau, à l'exception d'une petite quantité de tissu non attaqué. Le ligneux est alors transformé en gomme, qu'on extrait en étendant d'eau le mucilage, saturant l'acide sulfurique par la craie; on passe, on lave le résidu sur un linge, et on ajoute une certaine quantité d'acide oxalique au liquide pour en précipiter la chaux qu'il pourrait contenir; on filtre de nouveau, l'on concentre et l'on s'empare des acides libres que la masse pourrait contenir en la traitant par l'alcool. D'après les premières expériences, 21,5 grammes de toile auraient produit net 21,9 de gomme. Mais ce résultat serait inexplicable autrement qu'en admettant que la gomme ainsi obtenue renfermait encore une quantité appréciable de chaux, de sulfate, d'oxalate et d'eau.

228. Lorsqu'au lieu de saturer par de la craie la solution acide de la masse mucilagineuse, on la fait bouillir pendant dix heures, la matière gommeuse se trouve peu à peu décomposée, et finit par être presque entièrement remplacée par du sucre en tout point analogue à celui de raisin.

Pour l'extraire, on sature avec de la craie, on filtre, on évapore jusqu'à consistance sirupeuse. En 24 heures la cristallisation commence à se manifester, et, dans l'espace de quelques jours, tout le sirop se prend en masse. On obtient le sucre à l'état de pureté, en le pressant fortement entre plusieurs doubles de linge usé et le faisant cristalliser une seconde fois; en le traitant enfin par le noir animal, on le rend d'une blancheur éclatante.

229. Braconnot a annoncé qu'en outre de ces transformations du ligneux par l'acide sulfurique, il se produit encore un *acide* qu'il a désigné sous le nom d'*acide végéto-sulfurique*. Pour l'obtenir à la suite de l'opération précédente, on neutralise, par le carbonate de plomb, le mélange bouilli et acide, étendu d'eau; on filtre la liqueur, pour séparer le sulfate plombique, et on la traite par le gaz

hydrogène sulfuré pour précipiter l'oxide de plomb qu'elle tient en dissolution. La liqueur, filtrée de nouveau, est évaporée à une douce chaleur jusqu'à consistance de sirop, puis traitée par l'alcool qui précipite la gomme; et on agite le sirop qui reste avec de l'éther qui dissout l'acide et laisse le sucre. La dissolution éthérée est jaune, et laisse après l'évaporation un acide presque incolore, fortement acide, presque caustique, qui attaque fortement les dents, qui ne peut être obtenu à l'état cristallisé, et qui attire l'humidité de l'air. Au-dessus de 20° de chaleur, il commence à brunir, et un peu au-dessous de 100°, il se décompose, devient noir; et, si on l'étend d'eau, il laisse déposer une substance charbonneuse. Il est alors précipitable par les sels barytiques.

Thénard avait émis l'opinion que cet acide n'était que de l'acide hypo-sulfurique combiné avec une certaine quantité de matière végétale. Berzélius a pris soin de réhabiliter ensuite cette substance. Cependant on n'a qu'à réfléchir sur toutes les circonstances précédentes, pour s'assurer que ce n'est là que de l'acide sulfurique tenant en dissolution une certaine quantité de sucre. L'éther ne précipite que la portion de sucre que l'affinité de l'acide ne peut rendre soluble dans cette substance; et si cet acide se refuse à précipiter les sels barytiques et à base de plomb, cela vient uniquement des propriétés que communique à l'acide l'association plus intime d'une certaine quantité de sucre. Nous verrons, en parlant de l'acide lactique, un exemple de mélange analogue à celui-ci par ses propriétés nouvelles. Vous retrouvez l'acide sulfurique après comme vous l'aviez reconnu avant de l'employer; seulement vous avez de plus une substance charbonneuse. Que faut-il de plus pour conclure que vous aviez sous les yeux un mélange intime et non une transformation?

§ 11. Application des résultats des paragraphes précédens.

230. *Physique.* — Le ligneux étant une combinaison de carbone et d'eau, il s'ensuit que, privé d'humidité étrangère, il est presque aussi mauvais conducteur de calorique que le charbon, et tout aussi peu conducteur d'électricité que ce dernier corps; mais en reprenant l'humidité de l'air, il reprend sa conductibilité pour ces fluides impondérables. On fait, avec de petites boules de moelle de sureau suspendues à des fils de soie, des excellens électromètres, à cause de leur légèreté.

231. *Physiologie végétale.* — Le bois ne se fend jamais horizontalement, mais longitudinalement; et cela vient de la manière dont nous avons conçu le développement en longueur et en largeur des organes végétaux (177); car si le tissu cellulaire se formait au hasard, comme se forment les bulles de savon, les solutions de continuité auraient tout aussi bien lieu par tranches transversales que par tranches longitudinales. Ce phénomène se montre encore dans la carbonisation du bois; et si certaines essences d'arbres, telles que le bois de saule, semblent déroger à cette hypothèse, cela tient à la grande porosité de leur tissu qui fait que le retrait du carbone a lieu, sur tous les points, d'une manière également intense.

232. L'effet physique secondaire de la carbonisation est de réduire toute la substance ligneuse en globules sphériques, noirs et opaques, d'une extrême petitesse. On dirait que la carbonisation n'a eu d'autre effet que de séparer le globule de carbone de la vésicule d'eau, avec laquelle il formait l'élément diaphane de la cellule.

233. Quand on observe comparativement, sur des essences de bois blanc, les effets de la carbonisation, on observe que les fragmens sont d'autant plus exigus que l'individu est plus jeune, mais que, du reste, ils conservent tous les contours irréguliers que l'on doit supposer aux cellules qui se développent les unes contre les autres, en engen-

drant à l'infini un nouveau tissu cellulaire dans leur sein; en sorte qu'on serait tenté de croire que la séparation de ces fragmens n'a eu lieu que par la désagglutination, par le retrait de leurs parois respectives.

234. Nous avons dit (176) que l'épiderme, soit d'une feuille, soit d'un tronc, était comparable au tégument d'un organe dont les globules se développeraient en cellules, affectant différens contours (pl. 3, fig. 1, 5, 7), et pouvant parvenir à des dimensions considérables. D'un autre côté, nous avons dit (177) que l'écorce se composait de la juxtaposition successive des couches externes du tronc, après qu'elles se sont sacrifiées au développement des couches plus internes. Or, sous l'influence de la dessiccation et de l'action des agens atmosphériques, les cellules de ces couches se séparent et forment des figures qui, en général, rappellent la disposition flasque et irrégulière de l'épiderme macéré dans l'eau (pl. 3, fig. 7). Mais, sur le platane, ces cellules se détachent sous forme de plaques comme produites par un *emporte-pièce*, et dont les contours sinueux rappellent les contours des cellules épidermiques des feuilles de certaines plantes (pl. 3, fig. 1).

235. *Agriculture*. — Ce que l'expérience nous a révélé au sujet de l'insolubilité de l'*humus*, et de l'origine de son acidité apparente, réduit au rang des fables la théorie que Sprengel et autres auteurs avaient bâtie sur une hypothèse différente. Le rôle de l'*humus* paraît se réduire à absorber assez d'oxigène, pour fournir à la partie herbacée de la plante tout l'acide carbonique que la substance verte décompose au profit de l'accroissement des tissus; et il serait très possible que l'expérience confirmât un jour l'idée, qu'en administrant artificiellement à la plante toute la dose d'acide carbonique qui est nécessaire à son accroissement, on pût se dispenser du concours de l'action d'un engrais quelconque. En effet, si vous cultivez dans le sable pur une plante de faible dimension, en ayant soin de l'arroser souvent, elle

poussera sans obstacle jusqu'à la floraison. Elle ne peut alors puiser le carbone de son tissu que dans le peu de gaz acide carbonique répandu dans l'atmosphère : donc, les racines ne transmettent à la plante que l'eau et les sels auxquels l'eau sert de véhicule, et la partie aérienne n'est destinée qu'à absorber les gaz nécessaires à la formation des tissus.

236. En conséquence, ce ne sont pas les feuilles des légumineuses qui absorbent le plâtre dont on les saupoudre, mais plutôt les racines, lorsque l'humidité de la rosée ou la pluie a entraîné la poudre gypseuse dans le sol. Voilà pourquoi les agriculteurs ont constaté l'efficacité du plâtrage fait sur ou un peu avant la rosée.

237. L'emploi de la chaux vive, dans la confection des composts, n'a pas d'autre but que de remplacer la potasse qui coûterait plus cher, pour désorganiser les tissus qu'on destine à l'engrais, et les disposer, en les carbonisant, à condenser et à se combiner l'oxigène de l'air, afin de fournir à la plante aérienne le gaz acide carbonique que les feuilles doivent élaborer. L'enfouissement de l'engrais, à son tour, n'a d'autre effet que de conserver aux tissus une humidité indispensable à leur décomposition. Enfin, toutes ces préparations seraient paralysées, si le sol, dans lequel on a enfoui ces trésors de la végétation, n'était pas assez poreux pour livrer passage à l'air, ou l'était trop pour ne point emprisonner suffisamment et l'air et l'humidité que les engrais absorbent. Les terrains trop argileux et les terrains trop sablonneux sont en effet stériles ; pour les fertiliser, il faut les mélanger : mais comme les tissus des plantes s'assimilent principalement le carbonate de chaux, on complète la fécondité du sol en l'enrichissant de calcaire.

238. *Médecine*. — On a observé que l'usage des tissus de coton, même les plus blancs, ne pouvait pas être substitué sans danger à celui des tissus de toile, comme charpie; et quelques auteurs ont cru en trouver la raison dans la forme des fibrilles de coton qui, d'après eux, seraient triangulaires

à angles tranchans; ce qui contribuerait à couper les chairs. Cette explication, au moins ridicule, a été admise de confiance par des auteurs recommandables de chimie, qui se montrent, en général, souverainement difficiles sur l'explication des faits. Il était pourtant bien facile de voir que de si petits organes, quand même ils eussent été aussi tranchans qu'on le suppose, auraient été peu nuisibles sur un caillot inerte qui les sépare des chairs vives. Au reste, on s'assure au microscope que cette forme des fibrilles de coton n'existe que dans l'imagination de ceux qui ne les ont pas observées. Les fibrilles de coton sont des tubes analogues, quoique beaucoup plus longs, aux petits poils des graminées dont j'ai déjà parlé (163); ils s'aplatissent par la dessiccation, et présentent alors la forme d'un ruban à bords mousses et relevés par un bourrelet; on en trouvera une figure grossie dans un petit travail que j'ai publié en 1827 dans la *Bibliothèque physico-économique*. Enfin, il est encore certain que ces rubans des tissus de coton sont mille fois plus flexibles que les tubes des toiles de lin et de chanvre; si la charpie opérait là par un effet mécanique, la charpie de chanvre et de lin devrait être plus nuisible que celle de coton; et pourtant l'expérience constate le contraire. Il faut donc chercher ailleurs une explication : or, l'on trouve une toute naturelle dans les phénomènes capillaires. Les fibrilles de lin et de chanvre sont des tubes creux, ouverts par leurs deux bouts, et que *le rouissage* a vidés de tous les sucs qui étaient capables de les obstruer. Les fibrilles de coton, au contraire, sont des poils fermés par les deux bouts (163), et remplis d'une substance organisatrice qu'aucun *rouissage* ou *lavage* n'a pu leur enlever. Il est donc évident que, pour aspirer le sang ou le pus, les tubes de la toile seront plus propres que les poils du coton, et que la charpie de ce tissu n'aspirera même rien, mais s'imbibera seulement, en livrant passage, entre ses fibrilles, au liquide qui se serait écoulé tout de même sans eux.

QUATRIÈME GENRE.

Tissu glutineux.

239. Lorsqu'on malaxe sous un petit filet d'eau, un morceau de pâte de farine de froment, la fécule est entraînée par l'eau, et il reste entre les mains une masse blanche ou plutôt plus ou moins grisâtre, très élastique lorsqu'elle est humectée d'eau, et susceptible alors de se tirer en longs filamens qui se retirent sur eux-mêmes en cassant ; solide par la dessiccation à l'air sec ou par son séjour dans l'alcool et par son contact avec l'acide sulfurique ; insoluble dans l'eau, mais soluble au moins en partie dans l'ammoniaque, l'acide acétique et même l'acide hydrochlorique. Cette substance donne, à la cornue, une grande abondance de produits ammoniacaux.

§ 1. Organisation du tissu glutineux[1].

240. Les caractères physiques du gluten étant constatés en grand, il est évident que la portion du grain de froment qui offrira ces caractères, même au microscope, ne pourra être que la région du gluten lui-même[2].

241. Pour parvenir à la solution de la question que nous

(1) *Mém. sur l'hordéine et le gluten*, tom. XVI des Mém. du Muséum d'hist. nat. 1827. — *Ann. des Sc. d'observ.* 1829.

(2) Depuis Beccari, à qui nous devons la découverte du gluten, un seul auteur a eu la pensée de rechercher l'analogie et la région du gluten ; mais l'esprit qui présidait alors aux observations microscopiques finissait toujours par convertir en simples velléités les intentions les plus sages. Quand on aura lu les résultats contenus dans cet article, on ne se rappellera pas, sans une espèce de surprise, que Parmentier ait cru découvrir, au microscope, que *le gluten ressemblait dans beaucoup de points au son, et qu'il n'occupait pas d'autre région que l'écorce de la graine*. Au reste, malgré les taches qui déparent ce travail, il n'est pas moins vrai qu'il renferme quelques bonnes idées. Nous y renvoyons même le lecteur pour la partie historique, qui est très complète jusqu'à l'époque où l'auteur écrivait. (Parmentier. *Récréat. phys. et chimiq. de Model*, tom. II, pag. 482.)

cherchons à résoudre, il faut d'abord se faire une idée générale de l'anatomie d'un grain de céréale (pl. 4). Par une coupe longitudinale (fig. 1 et 2), on s'assure que l'embryon (*b*) est appliqué immédiatement au-dessous d'une large empreinte en écusson que l'on remarque à la base de la surface convexe de la graine; que cet embryon est entouré, à l'exception de sa face antérieure, par un périsperme blanc (*d*); que ce périsperme occupe toute la capacité du péricarpe rougeâtre et résineux (*a*).

242. Or, si l'on pratique des coupes transversales sur toute l'étendue du périsperme (*d*), on peut facilement constater que le gluten existe dans toute cette substance blanche et farineuse. Car en humectant d'une goutte d'eau ces tranches diverses, on parvient, à l'aide de deux pointes d'aiguille, à les malaxer pour ainsi dire; la substance se tiraille, se déchire, en répandant des flots de grains de fécule, s'attache d'un côté au porte-objet, et de l'autre à l'extrémité des deux pointes, sous forme de filamens fibrineux.

243. Dans l'alcool, chacune de ces tranches reste cassante; dans l'ammoniaque, l'acide hydrochlorique et dans l'acide acétique, au contraire, elle se ramollit et se dissout en partie; car il faut faire, dans cette expérience, la part de l'amidon qu'emprisonne le gluten. Il est inutile de faire observer que ces expériences doivent être faites entre les lames de verre, dont l'une est creusée par une cavité ou segment de sphère, et dont l'autre glisse sur celle-ci à frottement.

244. Il est encore à propos de faire observer que, dans les expériences en grand, on constate la solubilité du gluten dans les menstrues dont nous venons de parler, par le moyen de la chaleur; il faudra donc, dans les expériences microscopiques, compenser par la durée la chaleur qu'on ne peut pas employer.

245. On ne rencontre, ni dans le tissu de l'embryon (*b*), ni dans celui du péricarpe (*a*), rien qui ressemble, même

grossièrement, au gluten. En conséquence, le gluten, de même que l'amidon, réside dans cette substance qui, à l'œil nu, est blanche et farineuse, et que l'on nomme périsperme.

246. La région qu'occupe le gluten dans la graine étant une fois déterminée d'une manière précise par les réactifs et la dissection, il reste à découvrir le rôle que cette substance y joue.

247. Si l'on place sur le porte-objet du microscope une tranche, soit transversale, soit longitudinale, mais toujours très mince du périsperme du blé (*d*, fig. 2, pl. 4), on n'aperçoit, dans sa substance, rien qui annonce d'une manière sensible qu'on a sous les yeux un tissu cellulaire végétal, même après qu'on l'a humecté d'eau. Cependant on remarque que les grains de fécule restent groupés en paquets séparés par des intervalles diaphanes, comme ils le sont dans le sein des cellules du ligneux de la pomme de terre. Seulement ici, nulle ligne double n'indique le point où les parois de deux cellules contiguës s'agglutinent; et pourtant le gluten insoluble dans l'eau doit se trouver là avec des caractères visibles. On le trouve en effet enveloppant et liant entre eux les paquets de grains de fécule, si on entreprend de le malaxer à l'aide de deux pointes. Si on ne l'aperçoit pas, cela vient uniquement, ainsi que nous l'avons dit dans un autre endroit, cela vient, dis-je, de la grande transparence des parois des tissus organiques, et surtout des tissus glutineux, qui fait qu'on n'en découvre la présence que par les plis et rides que quelque accident peut déterminer sur leur surface, et surtout par les vaisseaux qui se forment dans l'interstice des cellules. Mais l'analogie indique que la fécule, que nous avons toujours vue se former dans les cellules que leur rigidité nous a permis d'apprécier, doit se former aussi dans des cellules chez les céréales. Or, la seule substance dans ces graines qui ait des rapports avec un tissu, c'est le gluten. On est donc en droit d'établir d'avance que le gluten est tout aussi bien organisé que le ligneux.

248. Or, c'est ce qu'on peut observer directement sur le périsperme de l'orge (fig. 1, *d*, pl. 4). Si l'on pratique sur cette substance une coupe longitudinale, non par trop mince, et qu'on la place à sec sur le porte-objet, on ne manquera pas de rencontrer des occasions favorables pour reconnaître que le périsperme se compose de grandes cellules allongées, à face hexagonale, et affectant $\frac{1}{7}$ de millimètre en longueur sur $\frac{1}{20}$ en largeur (fig. 3). On remarque en même temps que les grains de fécule remplissent la capacité de chacune de ces cellules ; et si l'on cherche à malaxer avec deux pointes d'aiguilles, on se convaincra que les parois de ces cellules jouissent exclusivement des propriétés du gluten.

249. En pratiquant, au contraire, des coupes transversales du périsperme, on est loin d'obtenir des résultats aussi satisfaisans, parce que la coupe ne pouvant intéresser qu'une petite fraction de la longueur de la cellule glutineuse, les parois si minces, si peu susceptibles d'être appréciées, d'une cellule végétale, se trouvent alors placées de champ, et n'offrent que leur tranchant à l'œil de l'observateur. D'un autre côté, les gros grains de fécule, encombrant toute la capacité des mailles de ce réseau, achèvent d'en rendre le tissu inapercevable. Par des coupes longitudinales, on voit la couche des cellules de face, et, à la faveur de la transparence des interstices qui les séparent les unes des autres, il est facile d'en reconnaître les contours et d'en mesurer le diamètre. On doit pourtant s'attendre à ce que les contours de ces cellules si élastiques, si faciles à se déformer, et dont les interstices ne sont infiltrés d'aucune parcelle de substance verte, ne soient jamais aussi nettement dessinés que les contours des autres tissus végétaux.

250. Il est donc démontré que le gluten est le tissu cellulaire (167) du périsperme des céréales, et que par conséquent il doit jouer le même rôle dans tous les organes où on en trouvera des traces.

§ 2. Différences physiques du gluten selon les espèces de céréales.

251. Si le gluten n'est que le tissu cellulaire des céréales, d'où vient que, parmi les céréales, les unes fournissent du gluten à la malaxation, et les autres n'en offrent pas la moindre trace? Cette objection, qui au premier coup d'œil paraît spécieuse, est susceptible de recevoir l'explication la plus simple : les tissus végétaux varient à l'infini, sous le rapport de leur élasticité; les tissus les plus ligneux ont commencé par être élastiques et glutineux, et ils ont passé insensiblement par tous les intermédiaires de ces deux états extrêmes. Nous expliquerons, dans la dernière classe, la théorie de ce passage de l'état glutineux à l'état solide et ligneux; ce sera lorsque nous aurons à nous occuper du rôle que jouent les sels dans l'organisation des tissus organiques. Il me suffira aujourd'hui de faire l'application du fait lui-même à l'anomalie que présentent les analyses des céréales sous le rapport du gluten.

252. On sait que le grain de froment fournit en abondance du gluten (10 à 12 sur 100), que l'orge en fournit fort peu (3 sur 100). Cependant il est facile de s'assurer au microscope (247) que le gluten joue dans le froment le même rôle que le tissu cellulaire de l'orge; la seule différence, c'est que dans le premier les parois des cellules sont élastiques, et que dans l'autre elles sont cassantes; que dis-je! dans le même grain d'orge on trouve des couches de cellules glutineuses, élastiques et susceptibles par la malaxation de resouder leurs bords déchirés, tandis que les couches voisines se refusent par leur rigidité à ce genre de rapprochement; les premières occupent de préférence le centre du grain, et les autres sont placées vers la périphérie.

253. On sait encore, par les expériences de Beccari, que la même espèce de céréales peut offrir ou refuser du gluten à la malaxation, selon la nature du sol et la diversité des expositions de la moisson. On sait, d'un autre côté, com-

bien ces deux espèces d'agens naturels influent sur la nature et sur les modifications des tissus ; il ne devra donc plus paraître étonnant que le gluten, qui reste le même à l'observation microscopique, paraisse et disparaisse tour à tour dans l'analyse en grand. C'est ainsi que l'avoine (*avena sativa*) possède du gluten dans un pays, et semble en être privée dans un autre.

254. Mais une circonstance frappante qui vient encore à l'appui de ce que nous avons à établir dans ce paragraphe, c'est que, toutes les fois que le gluten d'une céréale ne se présente pas dans la malaxation sous forme de gluten, on est sûr de le retrouver, dans le cours de la manipulation, sous forme d'albumine végétale. Davy trouve 6 pour 100 de gluten dans la farine d'avoine, tandis que Vogel, au lieu de gluten, y rencontre 4,30 pour 100 d'albumine.

255. Pour jeter un plus grand jour encore sur ce double phénomène, il est bon de chercher à reconnaître à l'aide de quel mécanisme le gluten manifeste sa présence dans l'acte de la manipulation. Quand on fait rouler dans l'eau, au foyer du microscope, les divers élémens de la farine de froment que la mouture a confondus, on voit les parcelles blanches, minces et extrêmement diaphanes des cellules glutineuses se rencontrer par les faces de leurs parois sans s'associer. Mais dès qu'un mouvement un peu brusque les rapproche par leurs bords déchirés, dès ce moment ces parcelles isolées se soudent, et on les voit rouler de compagnie dans le liquide. Le même effet se reproduit en grand. Soient deux masses de gluten obtenues isolément par la malaxation ; si l'on cherche à les réunir par le simple contact, elles ne contractent aucune adhérence ; mais si l'on pratique une entaille dans l'épaisseur de chacune d'elles, et qu'on mette ensuite en contact ces deux solutions de continuité, le moindre effort suffira pour opérer l'association de ces deux masses.

256. Le but de la malaxation est donc de presser les unes contre les autres les parcelles glutineuses de la farine par

leurs bords déchirés. Aussi la quantité de gluten variera-t-elle selon qu'on malaxera de telle ou telle manière. Ainsi Beccari, qui se contentait de déposer la farine sur un tamis et de la tenir, sans autre mouvement, sous un filet d'eau, obtenait moins de gluten que Kessel-Meyer qui avait soin de former d'abord une pâte avec la farine, et de la pétrir continuellement sous le filet d'eau, jusqu'à ce que l'eau ne passât plus laiteuse. Dans le premier procédé, le poids de l'eau qui tombe rapproche quelques parcelles, mais en éloigne, en isole ou en désagrége un plus grand nombre qui passent en conséquence à travers le tamis. Dans le second procédé, au contraire, la main comprime, roule en tous sens, rapproche par tous les points de contact les parcelles éparses, et ne permet PRESQUE à l'eau d'emporter que les grains arrondis et glissans d'amidon. J'ai même constaté qu'en employant ce deuxième procédé on obtenait plus ou moins de gluten, selon que l'on pressait la pâte de telle ou telle manière. Ainsi, quand on se contente de presser perpendiculairement la pâte, on en perd une bien plus grande quantité que lorsqu'on la roule sur elle-même avec effort.

257. Mais à sec ces parcelles de farine sont incapables de se ressouder; c'est en s'imbibant d'eau qu'elles reprennent leur élasticité [1]. Or, de même que les tissus des jeunes plantes sont plus propres à s'imbiber d'eau que les tissus des plantes âgées, de même il arrive que le tissu glutineux d'une céréale est plus disposé à s'associer les molécules d'eau et à revêtir des formes élastiques, que le tissu glutineux d'une autre espèce de la même famille. Nous dirons alors, dans les expériences en grand, que l'une renferme du gluten et que l'autre n'en offre pas de trace.

258. Cependant, d'un autre côté, de même que le tégu-

(1) Les phénomènes que présente le gluten, dans l'acte de la malaxation, ne diffèrent donc pas des phénomènes que présente la gomme élastique (Caoutchouc), dont on ne peut agglutiner les lambeaux que par leurs bords rafraîchis à l'aide d'une lame tranchante.

ment de la fécule, qui ne se combine avec aucune molécule d'eau à froid (33), est susceptible de s'en assimiler une grande quantité à chaud et de s'étendre dans le liquide, de même il arrive que tel tissu cellulaire d'une céréale (*gluten*), qui refuse à froid de s'imbiber assez d'eau pour devenir élastique et glutineux, s'imbibe au contraire considérablement à chaud, et recouvre par l'élévation de température la propriété de souder ses parcelles par les bords déchirés, propriété que tel autre gluten possède à froid. Alors les mouvemens de l'ébullition favorisant cette association nouvelle, le tissu cellulaire, qui avait refusé de paraître sous la forme de gluten, apparaîtra au chimiste sous celle d'*albumine végétale* qui monte à la surface du liquide.

259. Le gluten n'est pas tellement affecté à la graine des céréales qu'on n'en trouve quelques traces dans beaucoup d'autres plantes : les pétales, les bulbes, les tissus jeunes et verdâtres, et, ainsi que nous le verrons plus tard, le pollén lui-même, en renferment des quantités suffisamment appréciables, quoique avec des variations accidentelles d'élasticité et de consistance.

§ 3. Rôle de l'azote dans la composition élémentaire du gluten [1].

260. Une nouvelle objection se présente contre ce que nous venons d'établir dans le précédent paragraphe. Si le gluten n'est qu'un tissu cellulaire, susceptible, dans certains végétaux, de devenir ligneux, comment se fait-il que ce gluten soit si fortement azoté, tandis que le ligneux l'est si peu ; que le gluten enfin soit, par toutes ses propriétés, une *substance animale*, pour me servir d'une expression familière à l'ancienne chimie organique? Et comment un tissu animal élabore-t-il dans son sein des globules privés d'azote, comme le sont les globules d'amidon?

Cette difficulté ne tire sa force que de l'idée que nous

(1) *Mém. sur les tissus organiques*, § 31, tom. III des Mém. de la Soc. d'hist. nat. de Paris, 1827.

nous sommes formée du rôle que joue l'azote dans la combinaison des tissus azotés. Parce que l'analyse élémentaire nous a fait constater la présence de l'azote dans le tissu d'une substance organique, nous en avons conclu que l'azote formait un des élémens de sa composition. Il n'est venu dans l'esprit à personne de se demander si cet azote ne pouvait pas être considéré comme étranger au tissu lui-même et comme y existant, soit libre mais condensé, soit combiné avec une substance également étrangère à la composition de la principale. Ces deux suppositions méritaient pourtant d'être l'objet de recherches spéciales; c'est ce que nous avons entrepris, et voici les résultats auxquels nous sommes parvenus :

261. Nous avons déjà vu (41) que l'empois, abandonné à l'influence de l'air atmosphérique, se change en substance azotée [1]; ne serait-il pas possible que l'azote du gluten n'eût pas d'autre origine que l'absorption de l'air atmosphérique? On sait que les corps poreux sont capables de condenser en quantités considérables les gaz qu'ils absorbent, et par conséquent de les combiner; Longchamp [2] a rendu plus que probable la formation de l'acide nitrique aux dépens de l'oxigène et de l'azote de l'air atmosphérique, absorbé et condensé par les pores de la craie; un coup de tonnerre suffit pour en former dans les gouttes de pluie. Or, le gluten absorbe de l'air, non-seulement dans l'état de vie et pendant le développement de l'ovaire, mais encore pendant l'acte de la malaxation : ce dernier point est d'une vérité incontestable. Eh bien! si l'on recueille les gaz que le gluten laisse dégager, les premiers jours de son contact

(1) Lorsque j'annonçai, pour la première fois, ce résultat, on le regarda comme de la plus haute importance; mais selon l'habitude on le révoqua en doute. Dans la suite les auteurs les plus intéressés à le nier se convainquirent de son exactitude, et l'on n'en parla plus.

(2) Voyez *Ann. des Sc. d'obs.*, tom. I, pag. 56 et 194.

avec l'eau, on trouve, ainsi que l'avait déjà constaté Proust, que ces gaz ne sont que de l'acide carbonique et de l'hydrogène. Qu'est devenu l'azote atmosphérique?

262. Pour évaluer le genre d'influence que l'air atmosphérique, emprisonné par la malaxation, exerce sur la décomposition du gluten, j'entrepris les expériences suivantes :

Je plaçai de la farine de froment dans un sachet à doubles parois, formé d'une toile à tissu serré; je tins ce sachet plongé dans l'eau d'un grand bocal, muni à sa base d'une tubulure. Le lendemain, j'ouvris la tubulure de la base, en ayant soin de remplacer l'eau qui en sortait, par une quantité égale d'eau qui coulait en même temps dans le bocal par l'ouverture supérieure, de manière que le sachet rempli de farine n'était jamais en contact avec l'air. Afin d'accélérer le rapprochement des molécules du gluten, j'avais soin de faire frapper le sachet contre les parois du vase; la fécule sortait à travers les mailles du sachet, de même que les substances solubles dans l'eau. Je répétai cette opération pendant plusieurs jours, et chaque jour à diverses reprises. J'ouvris enfin le sachet; je séparai en deux portions le gluten; je déposai l'une dans un bocal plein d'eau, de 8 cent. de hauteur et de 3 d'ouverture (nº 1), je malaxai l'autre avec les mains et au contact de l'air; je le déposai ensuite dans un godet plein d'eau et haut de 3 cent. (nº 2). D'un autre côté, je pétris de la farine pendant un quart-d'heure sans chercher à en extraire le gluten, et je la déposai dans un bocal rempli d'eau ayant les mêmes dimensions que le premier (nº 3). Enfin, je jetai dans un bocal semblable une égale quantité de farine qui, en se déposant au fond du vase, y formait une couche de 2 cent. de haut (nº 4).

Quinze jours après, le nº 1 répandait seulement une odeur acétique et rougissait le tournesol; le nº 2 répandait une odeur fétide et ramenait au bleu le papier rougi par les acides; le nº 3 un peu fétide donnait des signes ambigus d'aci-

dité et d'alcalinité; le n° 4, fade, acidulé, rougissait le tournesol. Vingt jours plus tard, le n° 1 répandait la même odeur acétique et rougissait le tournesol; le n° 2 très fétide bleuissait fortement le tournesol rougi par un acide; le n° 3, devenu acétique et un peu alcoolique, rougissait faiblement le tournesol; le n° 4 de même, quoique avec une odeur vaguement fétide.

Ainsi le même gluten se comportait de deux manières différentes, selon qu'il avait été malaxé avec ou sans le contact de l'air. La farine se comportait de deux manières différentes, selon qu'elle avait été soumise à l'une ou à l'autre de ces épreuves. Dans un cas elle fournissait des produits ammoniacaux et dans l'autre des produits acides.

263. On aurait pu croire que les deux glutens n°s 1 et 2, n'avaient tant différé l'un de l'autre que parce que le second avait été pétri avec les mains, circonstance dont les chimistes n'ont jamais tenu aucun compte, mais qu'il m'importait d'évaluer. Je malaxai donc deux quantités égales de farine, l'une à l'aide d'une cuiller de fer et sur un tamis en crin, et l'autre avec le secours des mains; je déposai une égale quantité de chacun de ces glutens (1 gros) dans une égale quantité d'eau. Les deux glutens marchèrent toujours de front sous le rapport de l'alcalinité; seulement le gluten malaxé avec le secours des mains répandait une odeur fétide et spermatique, tandis que l'autre n'avait contracté, même quinze jours après, qu'une odeur de lait aigri. Ainsi les mains, en cédant, au gluten malaxé, les produits de la transsudation et les débris épidermiques, accroissent l'intensité, mais ne changent nullement la nature de la décomposition de cette substance; ce n'était donc pas à cette circonstance qu'on eût été en droit d'attribuer la différence des produits n° 1 et n° 2 de la première expérience.

264. Enfin le gluten existe, avec tous ses caractères, dans la farine avant la malaxation. D'où vient cependant que la farine simplement déposée dans l'eau ne donne pres-

que jamais aucun signe d'une fermentation alcaline? On pourrait répondre que, dans la farine, il existe des substances hétérogènes, l'huile, le sucre, la gomme, la résine, etc., dont le mélange est susceptible de masquer ou de paralyser la fermentation glutineuse. Pour répondre à cette objection, j'ai placé, le 30 mars 1826, de la farine dans un bocal de 8 centimètres de haut et de 3 d'ouverture, rempli d'eau distillée jusqu'au goulot. La farine formait, au fond du vase, une couche de 2 centimètres et demi. Lorsque toute la farine me parut déposée, je décantai et je remplaçai le liquide par une égale quantité d'eau distillée, dans laquelle j'eus soin d'agiter et de délayer, avec un tube de verre, toute la couche de farine. La même opération fut répétée, et souvent deux fois par jour, les 2, 4, 8, 9, 11 et 18 avril, en sorte que ces divers lavages ont pu s'élever au nombre de 12. La couche de farine avait diminué d'un centimètre; cette grande diminution s'explique naturellement; car l'eau que j'enlevais tenait souvent en suspension des tégumens et des couches de cellules de différente nature, ainsi que j'avais eu soin de m'en assurer au microscope. Or, ce ne fut que le 21 avril qu'une odeur fade de lait aigri commença à se manifester, et ce ne fut que le 4 mai que le papier tournesol indiqua des traces d'une acidité qui devint de jour en jour plus prononcée; l'odeur de la substance a fini par se montrer avec tous les caractères de l'odeur caséique qu'exhale la fécule bouillie et placée dans les conditions que j'ai décrites ci-dessus (41); mais jamais les papiers réactifs n'y ont révélé le plus léger indice d'alcalinité. L'acidité de cette farine ne pouvait donc plus être attribuée à la présence des substances étrangères au gluten; il est en effet nécessaire d'admettre qu'à la faveur de tant de lavages répétés, j'étais parvenu à enlever toutes ces substances hétérogènes, et qu'il ne restait en conséquence, dans le fond de cette eau, que des grains inaltérables (33) d'amidon et des parcelles de gluten.

265. Les bulles de gaz produites par la fermentation s'élevaient et se succédaient avec rapidité, depuis le 21 avril, de la couche farineuse seulement; ces bulles étaient donc fournies par la décomposition du gluten.

266. Supposerait-on que la nature acide de ces produits puisse encore être attribuée à la présence de ces quantités inappréciables de substances solubles, dont les lavages les plus nombreux ne parviennent jamais à dépouiller tout-à-fait les substances insolubles de la farine? Mais alors le gluten obtenu par la malaxation devrait fournir des produits bien plus acides que la farine lavée; car il est évident que, pendant le cours de la malaxation, le gluten emprisonne, dans ses mailles factices, un très grand nombre de parcelles avec lesquelles il était mélangé avant la manipulation : l'huile, le sucre, le son, la fécule surtout, ainsi qu'on le constate au microscope, y existent en grande proportion; et pourtant la présence de toutes ces substances n'empêche pas le gluten malaxé de donner, en peu de temps, des signes évidens d'acidité et de putréfaction. Donc l'intensité de ces deux circonstances doit être attribuée à la présence de l'air atmosphérique dans les mailles naturelles ou factices du gluten malaxé.

267. Ce n'est pas que, dans la fermentation acide de la farine, il ne se produise pas de l'ammoniaque; car nous avons vu que l'acide caséique ne tarde pas à se déceler à l'odorat (41); et l'acide caséique ne doit être considéré que comme un acétate d'ammoniaque mélangé à des substances organisées ou organisatrices. Mais puisque, après la malaxation, il se produit assez d'ammoniaque pour masquer la présence des acides, il est naturel de conclure que cette différence tient à une élaboration de l'air atmosphérique. Dans le gluten malaxé, le sel ammoniacal tendrait, de plus en plus, à se montrer avec excès de base; dans la farine non malaxée, au contraire, il resterait avec excès d'acide. Lorsque nous nous

occuperons de la fermentation alcoolique, nous nous étendrons sur la théorie de ces phénomènes; il nous suffira ici de constater le fait de la formation de produits ammoniacaux de toutes pièces dans le gluten exposé aux influences des élémens de l'air. L'expérience suivante viendra à l'appui de la supposition renfermée dans l'alinéa précédent.

268. Le 17 juillet 1826, j'introduisis 1 gros de gluten malaxé dans un flacon plein d'eau distillée et bouché à l'émeri. Dès le lendemain le gluten s'était soulevé, des bulles de gaz s'échappaient de sa substance intérieure, et finirent par former, en se réunissant, une grosse bulle sous le goulot; je débouchai le flacon, j'achevai de le remplir d'eau distillée, et je le bouchai de nouveau. Le gluten se souleva encore, laissa dégager force bulles de gaz jusqu'au 28 juillet, époque à laquelle toute la masse commença à se tasser au fond du vase, et à y former un gâteau compacte qui n'adhérait aucunement au verre, et qui, lorsque je renversais le flacon, retombait en entier sur le goulot. Aucune bulle d'air ne se dégagea plus dès cette époque; mais peu à peu le gluten commença à noircir. Le 26 octobre, le gluten n'avait pas changé de forme; j'ouvris le flacon, il s'échappa de tous les points du liquide une foule de petites bulles de gaz vers le goulot; l'odeur qu'exhalait le flacon était si fétide qu'elle me causa un violent mal de tête; je rebouchai le flacon. Le 26 novembre, je rouvris le flacon, qui, depuis le 26 octobre, n'avait pas donné les moindres signes de fermentation, quoiqu'il eût été un instant en contact avec l'air atmosphérique. L'odeur qui en sortit fut si fétide et si insupportable que je ne me sentis pas le courage de recueillir les gaz qui s'en échappèrent, pendant plus de deux heures, après l'ouverture du bouchon. Pour me délivrer de cette odeur, je rejetai l'eau du flacon, et je versai sur le gâteau du gluten de l'acide hydrochlorique étendu. Aussitôt le gluten reprit sa blancheur primitive, et, au lieu de l'odeur

insupportable dont je viens de parler, il exhala *une odeur agréable d'acide caséique* (41); je jetai le gâteau sur un filtre, je le lavai à grande eau, et j'obtins une masse blanche, pulvérulente, insoluble dans l'eau, sans odeur prononcée, et dont les molécules affectaient au microscope l'aspect et les dimensions des parcelles de gluten qu'on remarque dans la farine.

Or, quel rôle a joué l'acide hydrochlorique dans cette circonstance? N'est-ce pas évidemment d'avoir saturé l'excès de base du sel ammoniacal, qui dès lors s'est fait sentir avec son excès d'acide?

269. Quoique les principaux produits ammoniacaux de la décomposition du gluten puissent être attribués, sans blesser les règles de l'analogie et même en se basant sur une masse d'expériences, aux combinaisons du tissu et des élémens de l'air atmosphérique qui se trouve emprisonné dans ses mailles, par l'effet soit de la végétation, soit de la malaxation, on est encore en droit d'en indiquer l'origine dans la présence des sels ammoniacaux qui, pendant les phases de la végétation, se seraient combinés avec les tissus, ou resteraient mélangés aux liquides renfermés dans les cellules; et quand nous nous occuperons de l'histoire de l'albumine, substance aussi azotée que le gluten, nous donnerons la démonstration complète de l'existence en grande quantité de ces sels ammoniacaux, dans la substance la plus fraîche de ces tissus.

§ 4. Analyse élémentaire des substances dites azotées.

270. Or, que doit devenir l'ammoniaque de ces sels dans l'analyse élémentaire?

On sait que l'ammoniaque se décompose, lorsqu'elle est en contact avec le charbon incandescent, ou avec l'air atmosphérique à la chaleur rouge.

Dans l'analyse élémentaire, l'azote sera donc mis en liberté; et l'hydrogène ira se réunir à l'hydrogène de la substance

organique. Quant à l'acide du sel ammoniacal, il se reportera, ou bien sur les carbonates qui se forment pendant l'incinération, ou bien sur l'oxide de cuivre qu'on a introduit dans l'appareil.

Ces circonstances sont évidentes, et si cette théorie a échappé si long-temps aux chimistes, c'est qu'il ne leur était jamais venu à l'esprit, que les sels ammoniacaux existassent de toutes pièces, dans une substance azotée. Aussi n'hésitaient-ils pas à expliquer l'origine des produits ammoniacaux qu'on obtient à la distillation, par la combinaison subite de l'azote et de l'hydrogène de la substance qu'ils considéraient comme un composé quaternaire d'azote, d'hydrogène, d'oxigène et de carbone (*substance animale* ou *végéto-animale*), tandis que les substances qu'ils appelaient végétales n'étaient que des composés ternaires d'oxigène, d'hydrogène et de carbone.

271. Or l'analyse élémentaire que nous possédons des diverses substances dites *azotées* offre des nombres qui, bien loin d'être en opposition avec cette théorie ou plutôt cette vérité nouvelle, ne font au contraire que le confirmer. On convient aujourd'hui (187), surtout d'après les dernières analyses élémentaires de Proust[1], que les substances végétales neutres et non azotées peuvent être représentées par une molécule de carbone associée à une molécule d'eau. Or, si nous combinons entre eux les nombres obtenus par l'analyse élémentaire des substances dites *azotées*, nous trouverons qu'on peut les considérer comme des substances organisées ou organisatrices et par conséquent non azotées, associées avec de l'ammoniaque et un peu d'hydrogène carboné. Soit en effet l'analyse élémentaire de la gélatine que nous empruntons à Gay-Lussac et Thénard; le calcul donnera le tableau suivant dans lequel la première colonne indique les nombres fournis immédiatement par l'analyse élé-

(1) *Trans. philos.*, 1827, pag. 388.

mentaire; la deuxième, les quantités à prendre dans ces nombres, pour obtenir l'eau, l'ammoniaque et l'hydrogène carboné dont les proportions se remarquent dans la troisième.

GÉLATINE.

Carbone......	47,881......	42,114.....	42,114 carbone.
Oxigène......	27,207......	27,207.....	30,587 eau.
Hydrogène...	7,924......	3,380.....	
		3,592.....	20,580 ammoniaque.
Azote........	16,988......	16,988.....	
	Reste....	0,952 hydrog. 5,767 de carb.	6,719 hydr. carboné.
Total....	100,000	100,000	100,000

272. Je ne soutiendrai pas que les choses se passent exactement dans la nature, comme ces combinaisons de nombres sembleraient l'indiquer; j'ai voulu seulement faire voir, qu'en employant tout l'azote, on trouverait dans la quantité d'hydrogène de quoi former de l'ammoniaque, et qu'ensuite, en employant l'autre moitié d'hydrogène à former de l'eau, il resterait une quantité d'hydrogène qu'on pourrait supposer combinée avec le carbone. Ainsi, par exemple, on conçoit qu'au lieu de représenter la substance organisée comme une combinaison de 42, 114 de carbone et de 30, 587 d'eau, on pourrait admettre qu'une certaine quantité de la somme du carbone est combinée avec une partie de l'oxigène et avec l'hydrogène restant pour former un acide qui saturerait l'ammoniaque; quant aux autres acides combinés avec l'ammoniaque, mais indécomposables par le feu, ils se reporteraient ou sur les sels de la substance organique ou sur l'oxide de cuivre. Mais en définitive, on conçoit que rien ne s'oppose à ce qu'on admette que l'azote des substances dites *animales* n'existe pas dans celles-ci comme élément quatrième de leur combinaison, mais

comme un élément de l'ammoniaque qui se forme de toutes pièces dans l'acte soit de la vie végétale, soit de la manipulation, et qui se combine ensuite comme base, ou avec les tissus, ou avec les acides qui se forment simultanément sous l'influence des mêmes circonstances.

273. En conséquence il n'existe plus d'anomalie relativement à l'opinion que nous nous sommes formée du *gluten* comme remplissant, chez les céréales, le même rôle que le tissu cellulaire chez les autres plantes farineuses, telles que la pomme de terre, etc.

§ 5. Caractères physiques et propriétés chimiques du gluten, tel qu'on l'obtient par la malaxation de la farine de froment.

274. Le gluten s'offre sous la forme d'une masse molle, élastique, plus ou moins grisâtre, et d'une odeur plus ou moins spermatique, selon qu'il a été malaxé par des mains qui transpirent plus ou moins et par des individus d'une constitution plus ou moins saine. Abandonné au contact de l'air, après avoir été mêlé au sucre, il fournit de l'alcool, sur lequel il réagit ensuite pour déterminer la formation d'acide acétique; desséché, il contracte une couleur jaune, luisante, et reste inaltérable au contact de l'air; il se putréfie à l'état humide.

275. En général, à l'état frais, il donne des signes d'acidité, à cause de la présence de l'acide acétique et de l'acide phosphorique.

276. Comme substance organisée, il est impossible que le gluten soit une substance pure et sans mélange d'autres corps organiques ou organisés. Comment concevoir, en effet, qu'une substance aussi collante puisse s'extraire de la farine, sans envelopper, dans ses mailles factices, les divers élémens organiques ou organisés que l'opération de la *mouture* a confondus dans la farine? Aussi est-il facile de constater au microscope que le gluten le plus pur, et obtenu sans le contact des mains, renferme encore une im-

mense quantité d'amidon, de débris du péricarpe résineux; par la même raison il doit renfermer du sucre et de l'huile.

277. L'eau bouillante rend cette masse moins élastique et lui fait perdre ses caractères glutineux; elle la coagule enfin.

278. L'alcool produit le même effet, mais en lui enlevant certaines substances étrangères et une légère partie de sa substance, par un mécanisme dont nous nous occuperons plus bas. L'éther le coagule sans lui enlever rien d'appréciable.

279. L'acide sulfurique coagule en blanc le gluten dans le premier contact, et finirait ensuite par le désorganiser, ainsi que toutes les autres substances organiques (229). Il lui enlève de plus une quantité de sucre et de résine, variable selon la structure artificielle de la masse glutineuse.

280. L'acide acétique, l'acide hydrochlorique et l'acide phosphorique dissolvent d'autant plus de gluten que leurs proportions sont plus grandes, et qu'ils sont plus concentrés. Aussi remarque-t-on que l'acide phosphorique dissout plus de gluten sec que de gluten humide. L'ébullition ajoute encore à l'intensité et à la rapidité de leur action; mais il reste toujours, quoi qu'on fasse, une portion qui ne se dissout pas et qui ne fait que s'épaissir en mucilage. Les autres acides minéraux se refusent à dissoudre le gluten. Mais les acides hydrochlorique et sulfurique offrent de plus des phénomènes remarquables de coloration; et les phénomènes de coloration sont infiniment précieux dans les observations microscopiques: l'acide hydrochlorique coagule d'abord en blanc le gluten, et si on a soin d'en ajouter assez pour le dissoudre entièrement, on voit le liquide se colorer successivement en purpurin, en violet et en bleu. L'acide sulfurique, au contraire, lui communique une couleur pourpre, qui est due à la présence simultanée du sucre et de l'huile, ainsi que nous le développerons plus bas.

281. L'ammoniaque concentrée dissout le gluten, mais

beaucoup mieux quand il a été préalablement dissous dans un acide; il se forme d'abord un précipité qui disparaît presque instantanément.

282. La potasse caustique gonfle d'abord le gluten, le ramollit, puis elle le dissout en un liquide transparent, incolore.

283. Les acides et l'ammoniaque ont chacun de leur côté la propriété de rendre le gluten soluble dans l'alcool (268) et dans l'eau. Cette remarque est importante.

284. Mais une remarque qui ne l'est pas moins, c'est que si l'on ajoute à la solution, soit acide, soit alcaline du gluten, une certaine quantité d'eau, peu à peu, la portion du gluten, que ne peut plus dissoudre le véhicule ainsi étendu, s'en détache sous forme de globules sphériques, uniformes, affectant les mêmes dimensions, et qui, en restant suspendus dans le liquide, lui communiquent un aspect laiteux. La portion du gluten qui a été précipitée plus violemment, par le premier contact du véhicule et de l'eau, se précipite sous forme de flocons blancs. Aussi ce phénomène s'offre-t-il avec d'autant plus de régularité, et les globules sont-ils d'autant plus réguliers et uniformes, que le mélange du véhicule et de l'eau se fait plus lentement, par exemple, en laissant le véhicule exposé au contact de l'air, pour qu'il s'y évapore ou qu'il s'y sature d'humidité [1].

285. On conçoit maintenant que toute substance capable, soit de neutraliser l'acide ou la base, soit de les étendre, occasionnera le même précipité avec toutes les variations provenant des modifications des circonstances opératoires. Ainsi l'ammoniaque, qui seule dissout le gluten, le précipitera de sa dissolution dans un acide, et les acides sulfurique, nitrique, hydrochlorique même, et la noix de

(1) Il est inutile, je pense, de rappeler que la dissolution du gluten dans les menstrues se faisant avec lenteur, il est nécessaire d'y procéder au moyen de vaisseaux fermés, et par conséquent, au microscope, au moyen des lames de verre dont j'ai déjà parlé (49).

galles précipitent le gluten de sa dissolution dans l'acide acétique ou dans les alcalis.

286. Mais ce qu'il ne faut jamais perdre de vue, lorsqu'il s'agit de raisonner sur la formation des précipités, c'est que chacun de ces *coagulum* informes sera un mélange de gluten et des substances basiques ou acides qui les auront violemment déterminés, et qu'ils se précipiteront avec d'autant plus de rapidité que la base sera plus pesante et moins soluble. Chacun de ces *coagulum* sera, pour ainsi dire, un tissu combiné avec une nouvelle base ; et il faudrait bien se garder d'y voir rien d'analogue à une combinaison normale et atomistique (61).

287. Conséquence immédiate des faits précédens. — La conséquence la plus naturelle, et qui aurait dû se présenter la première à l'esprit des chimistes, c'est que le gluten, par la présence d'un acide ou de l'ammoniaque, sera susceptible de s'offrir sous deux formes différentes : sous celle d'une substance soluble dans l'eau et dans l'alcool et sous celle d'une masse insoluble dans l'un et dans l'autre menstrue ; et les proportions respectives de ces deux portions de la même substance varieront à l'infini, suivant les doses d'acide employées et selon la quantité d'eau avec laquelle le gluten malaxé se sera associé (258). D'un autre côté, les acides à l'état libre, abondant dans le suc des végétaux, surtout l'acide acétique; si l'on soumet le suc à l'ébullition, l'évaporation des acides volatils qui tiennent le gluten en dissolution, ou leur saturation par les bases que les mouvemens du liquide mettent en contact avec eux, feront que le gluten abandonné reprendra son insolubilité dans l'eau, que ses diverses molécules se rencontrant alors s'associeront, monteront à la surface, par leur légèreté spécifique, et apparaîtront ainsi sous forme d'une écume coagulée que l'on nommera *albumine végétale*; et cette explication complète celle que nous avons donnée plus haut (258) sur l'anomalie que semblent présenter à cet égard les diverses farines des céréales.

C'est pour ne s'être pas arrêtés à cette simple considération que les chimistes, dans ces dernières années, ont enrichi la nomenclature de deux substances nouvelles dont nous allons nous occuper.

§ 6. *Zimôme* (Taddeï) ou gluten (Einhof et Berzélius); — *Gliadine* (Taddeï) ou albumine végétale (Einhof et Berzélius).

288. Taddeï, Einhof, Berzélius, ayant traité le gluten de froment (247) par l'alcool, trouvèrent que le gluten cédait à ce menstrue une substance qu'ils considérèrent, au moins le premier de ces auteurs, comme le principe du levain. Pour l'obtenir, on traite le gluten bouillant, jusqu'à ce que ce liquide filtré tout chaud ne se trouble plus pendant le refroidissement. L'alcool dissout le gluten ou la zimôme ainsi qu'une substance IMPARFAITEMENT CONNUE, et laisse l'albumine végétale ou la gliadine. Le gluten, dissous dans l'alcool, DONNE DES SIGNES ÉVIDENS D'ACIDITÉ. Au reste, tous les autres caractères que les auteurs assignent à cette substance soluble dans l'alcool, conviennent à la substance qui ne s'y est pas dissoute, une fois qu'on a traité celle-ci par un acide; et alors ce qu'ils appellent *albumine végétale* ou *gliadine* est tout aussi soluble dans l'alcool que ce qu'ils nomment spécialement *gluten* ou *zimôme*.

289. Donc celui-ci n'est que la portion de l'autre, dont l'acide existant dans la masse s'est emparé; ce qui me dispense d'entrer dans les détails compliqués du travail de ces trois auteurs. Cette seule conséquence suffit pour les réduire tous à leur juste valeur.

290. Je ne m'arrêterai que sur la SUBSTANCE IMPARFAITEMENT CONNUE que l'alcool est supposé dissoudre avec le gluten, et qui se précipite de la solution, par le refroidissement. C'est encore ici une preuve du dédale inextricable dans lequel jette la chimie en grand; on y avance les yeux couverts d'un bandeau, et l'on serait porté à prendre pour vingt substances différentes la même substance rencontrée dans

vingt circonstances différentes. Nous avons dit (266) que le gluten, loin d'être une substance pure de tout mélange, renferme au contraire, dans les mailles innombrables de son tissu artificiel, l'huile, le sucre et l'amidon du périsperme, les fragmens de l'embryon tout jeune et gommeux, ceux du péricarpe résineux, etc.; le tout agglutiné au moyen de l'eau qui s'est combinée avec le gluten par la malaxation (258), et de celle que le gluten a emprisonnée et retient à l'état libre.

Si vous soumettez maintenant à l'action de la chaleur un mélange aussi compliqué, n'est-il pas évident que l'amidon éclatera (19) au moyen de l'eau libre du gluten, et que, lorsque l'alcool aura enlevé tout le gluten soluble qui enveloppe ces grains éclatés, ceux-ci monteront en suspension dans l'alcool qui les coagulera? N'est-il pas évident que la même chose arrivera à la gomme et au gluten abandonné par suite de l'évaporation de l'acide volatil? Ensuite l'huile et la résine, se mêlant à l'alcool ou s'emprisonnant au milieu des *coagulum* de la gomme et de l'amidon, ne seront-elles pas capables de modifier les caractères de l'une ou de l'autre substance? Et lorsque le refroidissement aura ramené le repos dans le liquide alcoolique, n'est-il pas évident que tous ces divers *coagulum* retomberont de tout leur poids comme un précipité? Eh bien! le germe de toutes ces explications se trouvait entre les mains des chimistes, et leur méthode l'a frappé de stérilité!

§ 7. *Légumine* (Braconnot), *albumine et gluten des légumineuses.* (Einhof).

291. D'après toutes les explications que je viens de donner sur les diverses réactions du gluten, je devrais me contenter d'indiquer cette fausse substance, qui rentre absolument, par tous ses caractères essentiels, dans le genre du gluten.

292. On la prépare, en mettant tremper des pois (*pisum*

sativum) dans l'eau, jusqu'à ce qu'ils soient gonflés et ramollis ; puis on les réduit en pâte homogène, en les broyant dans un mortier ; on délaie cette pâte dans l'eau, et on la fait passer à travers un tamis fin ; le tamis retient le *test* et le périsperme sphacélé qui forment les *écales ;* la liqueur passe laiteuse ; et sans jamais perdre tout-à-fait ce caractère, elle laisse déposer de l'amidon pur formant une couche blanche comme la neige, puis une couche d'amidon mêlée de gluten et de substance verte. On décante ; et par le repos, la *légumine* se dépose ; on peut la recueillir sur un filtre que cette matière ne tarde pas à obstruer. Elle rougit sensiblement le papier tournesol, à cause du phosphate acide de chaux qu'elle renferme. L'alcool se comporte avec elle comme avec le gluten dont nous avons parlé. Les carbonates alcalins la dissolvent, mais celui d'ammoniaque moins que celui de potasse. L'acide sulfurique concentré la dissout en un liquide brun clair, d'où l'eau le précipite en flocons gluans. Le chlorure de mercure, la noix de galles la précipitent ; le carbonate et le sulfate de chaux la durcissent.

293. Le travail de Braconnot diffère de celui d'Einhof sous des rapports de peu d'importance, et qui tiennent au plus ou moins de précision dans les procédés.

294. La légumine revient donc au gluten rendu soluble dans l'alcool par la présence d'un acide (par exemple, l'excès d'acide phosphorique du phosphate de chaux). Le liquide laiteux observé au microscope présente en effet des myriades de granules sphériques égaux entre eux et ne dépassant pas $\frac{1}{400}$ de millimètre (284), et qui, en se déposant spontanément au fond de l'eau ou se coagulant par l'ébullition à la surface, présentent tous les caractères du gluten insoluble.

295. La matière verte qui s'associe à ces dépôts, et que nous ne retrouvions pas dans la farine du froment, provient des cotylédons dans lesquels se trouve la fécule des

légumineuses. Or, les cotylédons possèdent la substance verte en plus ou moins grande proportion, tandis que le périsperme n'en offre presque jamais de trace.

296. Mais des expériences que j'ai fort anciennement entreprises à ce sujet me permettent d'avancer, que les cotylédons fournissent spécialement le gluten insoluble dans l'eau et dans l'alcool, plus l'amidon emprisonné dans les sacs glutineux (80), et la matière verte provenant du tissu vasculaire (175) de ces organes, et que les globules glutineux, qui restent suspendus dans le liquide et qui forment la légumine, proviennent spécialement de la plumule et de la grosse radicule de ces semences. Le test et le périsperme sphacélé n'offrent pas la moindre trace de l'une ou l'autre de ces trois substances.

297. Les globules glutineux se déposent, avec le gluten dissous à l'aide de l'acide, à mesure que cet excès d'acide se sature soit avec les sels de légumine, soit avec l'ammoniaque qui se forme pendant la durée de l'expérience.

298. Car la fermentation s'établit souvent en deux ou trois heures, selon l'élévation de température de l'atmosphère, à dater du moment où l'on abandonne le liquide à lui-même ; et en deux ou trois jours on voit cette substance monter à la surface du liquide, comme le gluten ou comme la crème du lait, dont elle a toute l'odeur caséeuse ; jetée alors sur le filtre, elle en obstrue les pores plus que jamais ; elle obstrue même les mailles d'une toile.

299. Or, si l'on voulait admettre comme caractère distinctif de cette substance, sa solubilité non-seulement dans les alcalis, mais encore dans les carbonates alcalins, il serait permis de présager la découverte d'autant de substances nouvelles qu'on observerait de gluten de diverses plantes. Car, lorsqu'il s'agit d'une substance aussi riche en acides ou sels étrangers que l'est le gluten, on doit penser que l'action des doubles décompositions ou des diverses éliminations pourra être la cause d'une foule de caractères

illusoires; or la nécessité de rendre compte de l'origine de tous ces caractères n'implique pas celle d'imposer d'avance des noms nouveaux à la science.

§ 8. Transformation apparente du gluten sous l'influence de la potasse. *Acide pectique* (Braconnot).

300. « On réduit en pulpe des racines, par exemple, des carottes jaunes, d'après Braconnot; on en exprime le jus, on lave le marc à plusieurs reprises avec de l'eau distillée ou de pluie, et on l'exprime encore. On délaie une partie de marc dans six parties d'eau de pluie, et on y ajoute peu à peu et par petites portions une dissolution d'une partie de potasse à l'alcool [1]. On chauffe ensuite le mélange, et on le fait bouillir pendant environ un quart-d'heure, puis on passe la liqueur bouillante à travers un linge. On reconnaît que le mélange a bouilli assez long-temps, quand, après en avoir filtré une petite portion, celle-ci se prend en gelée par L'ADDITION D'UN PEU D'ACIDE. La liqueur renferme principalement DU PECTATE DE POTASSE. On sépare l'acide pectique de la potasse, par un acide fort qu'il est difficile d'enlever parfaitement, ou par le chlorure de chaux qui fournit, par double décomposition, du PECTATE DE CHAUX. On le fait bouillir avec de l'eau aiguisée d'acide hydrochlorique qui s'empare de la chaux, et met à nu l'acide pectique qui reste, sous forme d'une gelée incolore, légèrement acide, rougissant le papier tournesol, même lorsqu'elle est tout-à-fait dépouillée d'acide hydrochlorique. L'eau froide en dissout très peu; il est plus soluble dans l'eau bouillante. La dissolution est incolore et ne se solidifie pas par le refroidissement, et alors elle rougit à peine le tournesol. Elle se coagule par l'alcool, l'eau de chaux ou de baryte, les acides ou les sels à base alcaline; le sucre la transforme, au bout de

(1) Vauquelin préfère le bi-carbonate de potasse ou le carbonate de soude dissous dans 20 parties d'eau, parce que ces sels dissolvent moins de substances étrangères que la potasse pure.

quelques temps en gelée. A la distillation sèche, l'acide pectique se décompose sans se gonfler, donne beaucoup d'huile empyreumatique, et laisse une grande quantité de charbon, mais ne dégage ni de l'ammoniaque, ni de l'acide hydrochlorique. L'acide nitrique la transforme en acides oxalique et mucique. Cette gelée acide jouit de la propriété de former des pectates avec les bases. »

301. Ceux qui auront médité les divers principes que j'ai consignés dans les paragraphes précédens, n'auront pas de peine à se rendre compte de ces phénomènes, et à ne voir dans le prétendu acide pectique que du gluten dissous par la potasse et précipité par un acide (285).

302. Mais en même temps que la potasse agit sur la partie glutineuse, et qu'elle désagrége les molécules des parois ligneuses (209), elle doit nécessairement mettre en liberté et le sucre, et la gomme et l'huile que recèlent les cellules et les vaisseaux du ligneux. Aussi remarque-t-on que ce prétendu acide pectique reste toujours coloré, quoi qu'on fasse, quand on a opéré sur une racine riche en matière colorante, comme l'est la carotte.

303. D'un autre côté, l'action de la potasse détermine la formation des acides oxalique, acétique et carbonique qui se combinent avec cette base. Si maintenant vous saturez cette base par l'acide hydrochlorique, non-seulement vous éliminez au moins deux de ces acides, mais encore, malgré tous vos efforts, il restera dans cette gelée des traces de l'acide employé, que les plus longs lavages ne sauraient enlever. On peut obtenir directement la preuve de cette assertion en traitant une huile par un acide; je porte le défi que les plus longs lavages à l'eau et même à l'alcool parviennent jamais à enlever l'acidité complètement. Donc le gluten (301) abandonné sous forme de gelée par la potasse saturée avec un acide, ne sera plus qu'un mélange de gluten en grande quantité, de sucre, d'huile en moindre quantité, de sels à base de potasse, et d'acides libres provenant soit

de l'emploi d'un acide minéral ajouté, soit de la formation spontanée d'acides végétaux sous la première influence de la potasse; et comme ces diverses substances végétales varieront en qualité et en quantité selon la nature des racines employées et selon les circonstances de l'opération, on peut avancer qu'on rencontrera autant de propriétés diverses à l'acide pectique qu'on essaiera de végétaux différens et qu'on usera de procédés divers[1].

304. Ce qui précède explique suffisamment comment ce mélange simulera un véritable acide, en saturant les bases inorganiques, et comment il perd son acidité par des solutions répétées dans l'eau bouillante. Il est vrai qu'à la distillation cette substance, s'il faut en croire l'auteur de la découverte, ne laisse dégager ni ammoniaque ni acide hydrochlorique. Mais il faut observer qu'il reste un charbon volumineux, et c'est ce charbon qu'il fallait analyser avant de prononcer; car l'acide hydrochlorique doit bien s'y trouver à l'état de chlorure. Il fallait ensuite recueillir les gaz, et on se serait assuré de la présence de l'azote provenant de la décomposition de l'ammoniaque par le charbon.

CINQUIÈME GENRE :

HORDÉINE[2].

305. Proust signala en France, sous le nom d'*hordéine*, une substance qu'il avait rencontrée principalement dans

(1) La meilleure preuve de ce que j'avance se tire évidemment de la couleur noire que contracte cette gelée lorsqu'on la dessèche à une chaleur même modérée. Evidemment cette substance ne noircit que par l'influence qu'exerce, sur le tissu organique, l'action simultanée de la potasse (209) et de l'acide hydrochlorique, qui sont restés emprisonnés, à l'insu du manipulateur, dans les mailles factices du tissu gélatineux.

(2) *Mém. du Muséum d'hist. naturelle*, tom. XVI, 1827. Voyez de plus : *Annal. des sc. d'observ.*, tome II, pag. 106. 1829. — J'entrerai dans quelques détails au sujet de cette substance, quoique le résultat de ce travail soit tout négatif. Mais Berzélius (tom. IV, pag. 323) vient d'enregistrer, quoique avec doute, dans son grand ouvrage, cette vieille erreur, que, depuis la publication de mon

la farine d'orge (*hordeum*)[1], et qu'il avait déjà désignée, en Espagne, sous celui de *cevadina*, de *cevada*, orge en espagnol.

« Quand on lave une pâte de farine d'orge, dit ce chimiste, comme s'il s'agissait d'en tirer la *glutine* (gluten, 239), cette dernière ne s'y trouve point (252); mais les doigts rencontrent à sa place je ne sais quoi de rude, de sableux, qui n'est autre chose, en effet, que le produit dont nous venons de parler... L'analyse ne montre rien qui le distingue de tous les tissus ligneux, dont l'azote ne fait pas ou presque pas partie; à la distillation, par exemple, le vinaigre, l'huile et le gaz qui en retiennent une partie, mais aucune trace d'ammoniaque. L'acide nitrique la dissout; il en forme de l'acide oxalique, du vinaigre; après quoi paraît un soupçon de ce jaune amer qui rappelle toujours un peu d'azote (pag. 342) ».

306. Le procédé dont s'est servi Proust, pour isoler cette substance, consiste simplement à faire bouillir l'*amidon* et l'*hordéine* qui se sont déposés simultanément dans le fond du vase pendant la malaxation (239). L'ébullition rend (d'après l'auteur) l'amidon soluble (54), l'hordéine se précipite; et l'on obtient l'hordéine pure au moyen de quelques lavages.

307. A la lecture de la description de cette substance et du procédé que l'auteur avait suivi pour l'obtenir, je conçus des doutes assez forts sur son existence réelle, et je me proposai de l'obtenir par moi-même, et de l'étudier à l'aide de mes nouveaux procédés.

308. Après que je l'eus obtenue exactement par le procédé de Proust, le premier coup d'œil dont elle fut l'objet

mémoire, les chimistes les plus aveuglément attachés aux anciens principes avaient pourtant rejetée de leurs ouvrages. D'ailleurs ce que je vais exposer aura son côté positif, en ce qu'il fournira l'occasion d'analyser la farine des céréales, et de donner ainsi un exemple de la méthode à suivre dans l'investigation des substances mélangées.

(1) *Annal. de phys. et de chim.*, tom. V, pag. 339.

au microscope me convainquit, qu'au lieu d'une substance immédiate, j'avais sous les yeux un composé compliqué de tissus, dont il ne me restait plus qu'à étudier la région dans la graine elle-même. Le seul moyen de mettre quelque ordre dans ces nouvelles recherches, et de parvenir à des résultats plus positifs, est d'étudier séparément chaque organe de la graine en particulier et d'en tracer des figures exactes, en tenant toujours compte du diamètre des formes qui se présenteraient constamment les mêmes. C'est ce que je vais faire en procédant des organes plus externes aux organes plus internes (pl. 4)

§ 1. Description microscopique des organes que la mouture confond dans la farine de blé et d'orge.

309. Une coupe longitudinale du grain mûr de froment (fig. 2), pratiquée le long du sillon médian que l'on observe sur la face postérieure du grain, présente, 1° le péricarpe (*a*) qui, sur le côté opposé, tapisse l'intérieur du sillon médian (*g*) ; 2° le périsperme (242) blanc et farineux (*d*) ; 3° l'embryon (*b*) dont l'empreinte se voit sur le péricarpe, à la base de toute graine de graminée.

310. La même coupe pratiquée sur un grain d'orge (fig. 1) offre, outre ces trois organes désignés par les mêmes lettres, les valves calicinales (*e*) qui, en s'agglutinant sur la surface extérieure de la graine, semblent lui former un second péricarpe. Décrivons en détail tous ces organes, dont on verra les figures grossies 150 fois [1] sur la planche 4.

311. Péricarpe (fig. 2, *a* et *a'*). — Avant la fécondation de l'ovaire (5 [1]), le péricarpe se composait de deux couches: l'une extérieure blanche, très épaisse, remplie de fécule (*spécialement dans l'ovaire du froment*), et l'autre plus mince, verte, tapissant l'intérieur de la cavité formée par

(1) A l'exception des fig. 1 et 2, qui sont dessinées à une simple loupe d'une demi-ligne de foyer.

la couche extérieure, et susceptible, à une certaine époque, de se séparer de la couche blanche, en conservant pourtant des traces de leur adhérence primitive.

312. A mesure que la maturité approche, on voit la couche externe et blanche perdre peu à peu sa fécule et son épaisseur ; ses cellules, se dépouillant progressivement de leur substance nutritive, s'appliquer les unes contre les autres, et, réduites alors à la minime épaisseur de leurs parois, finir par ne plus présenter, malgré leur grand nombre, que la consistance d'un épiderme ordinaire (fig. 2, *a'*).

313. La couche interne au contraire, de verte qu'elle était dans le principe[1], finit par devenir rougeâtre, changement uniquement dû à une modification de la résine de ses cellules ; et c'est cette résine desséchée qui rend la graine des céréales imperméable à l'eau, partout ailleurs que sur le *hile* (*c*, fig. 1 et 2), par lequel la graine tenait à l'articulation supérieure de la fleur.

314. Le périsperme (*d*, fig. 1 et 2) est recouvert d'une couche à cellules hexagonales noires par réfraction, et blanches par réflection, plus allongées dans l'orge (fig. 5) que dans le blé (fig. 6). Cette couche simple paraît tenir la place, chez les graminées, du *test* des autres graines. Une tranche longitudinale du grain de blé (fig. 4) présente tous ces organes dans leur position respective : (*a'*) couche blanche et externe du péricarpe, (*a*) couche résineuse et interne du même organe ; (*c*) espèce de test qui enveloppe le périsperme farineux (*d*), mais qui sur l'embryon ne s'offre plus avec ses cellules hexagonales. La fig. 3 représente le périsperme de l'orge.

315. La fig. 7 représente de face la couche externe (*a*) et la couche interne ou résineuse (*b*) du péricarpe pris sur la surface de l'embryon de l'orge. La fig. 8 représente les mêmes couches (*a* et *b*) prises à la même région chez le blé.

(1) Voy. pl. 16, fig. 7, tom. VI des *Annal. des Sc. naturelles*, 1825.

316. La fig. 9 représente le même organe avec sa couche externe (*a*), sa couche interne (*b*), plus le test (*c*) du périsperme pris AU-DESSUS de la région de l'embryon de l'orge. La fig. 10 représente la couche blanche externe (*a*) et la couche résineuse interne (*b*) prises à la même position sur le blé.

317. La calotte supérieure du grain de blé est hérissée de poils raides et blancs (fig. 2, *f*, et fig. 13) dont nous nous sommes occupés plus haut (164). Le grain d'orge en a moins.

318. A la base du grain de toutes les céréales se trouvent deux écailles, épaisses avant la fécondation (pl. 3, fig. 6, *cc*), et qui s'amincissent à la maturité (pl. 4, fig. 16). Dans leurs interstices s'insèrent les étamines, et ce double système d'organes forme l'analogue des corolles monopétales des végétaux d'un ordre supérieur.

319. L'embryon se compose : 1° d'un cotylédon charnu triangulaire, qui est chargé de transmettre au végétal en miniature les produits organisateurs de la décomposition du périsperme (fig. 2, *d*) contre lequel il est appliqué par sa face postérieure ; cet organe est traversé d'une grosse nervure verdâtre [1] ; 2° de la plumule formée par des emboîtemens de feuilles en miniature, non encore fendues pardevant et assez nombreuses, même avant la germination ; 3° d'un cône radiculaire ne renfermant point de substance verte, mais offrant des emboîtemens analogues à ceux de la plumule qui lui est opposée, quoique plus épais et moins nombreux. La figure 12 présente un fragment des feuilles de la plumule avec leurs nombreuses nervures. La fig. 11 au contraire offre un fragment des cellules internes et de l'épiderme du cotylédon de l'orge et du blé.

320. Voilà l'énumération analytique de tous les organes dont la mouture mêle et confond les fragmens plus ou

(1) Voyez mon travail sur *le développement de l'embryon* (*Annal. des Sc. nat.*, tom. IV, pl. 13, fig. 5 *a*, et pl. 14, fig, 13 et 14 *a*).

moins divisés dans la farine des céréales : amidon, gluten, embryon, diverses couches du péricarpe, écailles corolloïdes et filamens des étamines.

321. Pour séparer l'amidon et le gluten que l'on désire obtenir simultanément, et à part des fragmens du péricarpe et de l'embryon, qui ne peuvent servir que bien accidentellement à la fermentation panaire, on fait passer le produit brut de la mouture, dans un *bluteau*, tamis cylindrique ou conique auquel on fait décrire un mouvement de rotation autour de son axe. L'amidon et les particules de gluten passent à travers les mailles ; les plus gros fragmens du péricarpe et de l'embryon restent dans le tamis, et forment ce qu'on appelle le *son*.

§ 2. Quls sont ceux de ces organes que l'on retrouve dans l'hordéine, et qu'est-ce enfin que l'hordéine ?

322. Or, dans *l'hordéine* obtenue au plus grand état de pureté, on rencontre principalement les divers fragmens du péricarpe que représentent les figures 5, 6, 7, 8, 9, 10, les fragmens de la plumule (fig. 12), ceux du cotylédon (fig. 11), les poils (fig. 13), les écailles (fig. 16), et de gros blocs indéterminables qui ne peuvent être que des fragmens trop épais de l'embryon.

323. L'HORDÉINE N'EST DONC QUE DU SON PLUS DIVISÉ que celui qui est resté sur le *bluteau*, et qui a passé, à cause de la ténuité de ses fragmens, à travers les mailles, en même temps que la fécule et le gluten. Dans l'expérience de Proust, l'ébullition fait monter en suspension les tégumens de la fécule et les fragmens du péricarpe ; et par le refroidissement ces fragmens du *son* retombent rapidement ; on les obtient presque purs par des lavages.

324. Voilà donc à quoi se réduit la substance à laquelle Proust avait consacré trois grands mémoires, et à laquelle il faisait jouer un si grand rôle dans l'acte de la germina-

tion[1]; et sans nos recherches il est infiniment probable qu'elle aurait conservé encore long-temps son importance dans les catalogues de la science. Par une conséquence immédiate, il paraîtra certain, sans avoir recours à l'expérience, que toutes les graines douées d'un test ou d'un péricarpe résineux auraient pu fournir une quantité plus ou moins considérable de ce *son* très divisé, lorsqu'on les aurait soumises aux procédés que je viens de décrire.

325. Je ne parle ici que de l'hordéine de Proust; car Thénard[2] a évidemment confondu, sous ce nom, deux substances distinctes : les lies des vins, qui sont des pellicules provenant d'une végétation cryptogamique, ou d'une association des particules du gluten, et l'*hordéine* de Proust, que je viens de prouver n'être que du *son* très divisé.

326. Mais, dira-t-on, si l'hordéine n'est que du son très divisé, comment se fait-il que des graines d'un volume à peu près égal, mais appartenant à des espèces différentes, fournissent des quantités si différentes de ce résidu? Comment se fait-il que l'orge donne 55 d'*hordéine* sur 100 de farine, tandis que la première en fournit à peine 20 pour 100?

L'anatomie des deux graines donne une réponse péremptoire à cette double objection. Je ne parlerai pas ici des paillettes calicinales qui recouvrent intimement le grain d'orge, et dont les fragmens, en se réunissant à ceux du péricarpe, doivent nécessairement grossir encore la quantité du précipité. Mais cependant il est bon de faire observer que ces paillettes calicinales, en s'attachant au péricarpe, ont dû imprimer à cet organe des modifications physiques que n'aura pas le grain de blé. Or c'est ce que la dis-

(1) *Pour l'hordéine enfin, descendue de 55 à 12 par la germination, qu'est-elle devenue? se serait-elle transformée en amidon? que de recherches n'exigeraient pas ces questions?* (*Annal. de chim. et de phys.*, tom. V, p. 344.)

(2) *Traité de Chimie*, 1824, tom. IV, pag. 250, 304 et 315.

section démontre. Car, si l'on pratique une coupe transversale sur le grain d'orge et sur celui de blé, on ne manque pas de s'apercevoir que le péricarpe du blé (315) s'enlève en entier et comme un ruban circulaire, tandis que le péricarpe de l'orge (316), au lieu de s'exfolier, ne se détache que par fragmens très petits. Eh bien ! ce qui se passe sous le tranchant du scalpel, doit évidemment avoir lieu aussi sous le poids de la meule. En conséquence le *son* se trouvera à un état de division bien plus grossier dans la farine de blé que dans celle de l'orge. Ses fragmens resteront donc au-dessus du bluteau quand on tamisera la farine de blé, tandis que, plus petits et presque microscopiques dans la farine d'orge, ils passeront avec la fécule et le gluten à travers les mailles du bluteau, et deviendront ainsi presque inséparables mécaniquement de cette farine.

327. La preuve en grand de ce que vient de révéler l'analyse microscopique nous est fournie par l'orge perlé. On sait que cette substance se prépare principalement en Hollande, en écartant la meule, qui dès lors, au lieu d'écraser le grain d'orge, ne fait plus que le rouler sur lui-même, et par le frottement le dépouille de son péricarpe et de son embryon ; le grain d'orge s'offre alors sous la forme d'une boulette blanche, analogue aux petites boulettes de *Sagou* (97), d'où lui vient le nom d'*orge perlé* ; et ces boulettes ne retiennent plus du péricarpe que la portion qui, étant emprisonnée dans le sillon postérieur de la graine, n'a pu être usée par la meule.

328. Eh bien! si l'on broie cette substance pour en faire de la farine, on obtient une farine aussi blanche que celle du froment, et qui ne donne plus en *hordéine* qu'une quantité minime, équivalente à la somme des débris du péricarpe qui étaient restés inattaqués dans le sillon postérieur du grain (309).

329. Ces résultats sont si simples à obtenir et si faciles à comprendre qu'on serait tenté de croire qu'ils n'eussent pas échappé aux meuniers, aux boulangers et à tous ceux

qui ont l'habitude d'observer et de manipuler des farines. Qu'on relise, en effet, le mémoire à la main, les travaux qui ont eu pour objet la panification, et on croira lire, souvent en une ou deux phrases, la réfutation du travail si étendu de Proust [1].

« La farine d'orge, dit Parmentier [2], est presque toujours défectueuse, à cause du *son*, dont le tissu rude et coupant la rend rude au toucher ; la pâte qui en résulte est cassante, et plus courte que celle du seigle, d'où il est aisé de conclure qu'elle ne peut fournir un pain bien levé. Pour tirer le meilleur parti de l'orge, il faut éloigner d'abord la meule courante, afin de concasser seulement le grain, et séparer tout le son ; l'orge ainsi mondé demande à être converti en farine comme les gruaux. On en obtient plusieurs farines qui, mélangées ou employées à part, sont toutes de nature à durcir, étant combinées avec l'eau et mises en boulettes. »

« La meilleure farine, dit Mathiole [3], est celle qui n'est pas bien moulue, qui a été un peu gardée, et qui jette et rend un son gros ; car une farine trop moulue fait du pain comme s'il était du *son*. »

330. Maintenant que nous avons démontré l'identité de l'hordéine avec le péricarpe des céréales, il sera facile de s'expliquer pourquoi, après la germination de l'orge, on obtient si peu d'hordéine (324 [1]). Le péricarpe, après la germination, s'est isolé du périsperme dont le gluten s'est décomposé, et dont la fécule s'est sacrifiée aux dépens de l'embryon qui a crû et végété. Ce péricarpe est devenu moins cassant et plus élastique en s'imbibant d'eau. Sous la meule, il ne se broiera donc plus qu'en larges comparti-

(1) Notre réfutation à nous est plus longue, il est vrai. Mais cela vient uniquement de la nécessité fatale qui pèse sur la science. Les erreurs y prennent facilement racine à l'ombre des grands noms. Pour les en déraciner, il faut ensuite user d'efforts et de patience et pousser la conviction à bout.

(2) *Parfait Boulanger*, pag. 566.

(3) *Sur Dioscoride*. Trad. de Pinet, Lyon, 1655, pag. 186.

mens, qui ne pourront passer à travers le bluteau, et qui resteront au-dessus du tamis, sous la forme de *son* ordinaire. C'est là la cause de l'erreur qui a porté Proust à croire que l'hordéine diminuait en proportion et que l'amidon de son côté augmentait, tandis qu'au contraire il est évident que l'amidon diminue en se sacrifiant à la nutrition de l'embryon, et que l'*hordéine* reste stationnaire, à cause de l'incorruptibilité de la résine qui remplit les cellules du péricarpe, et de l'inaltérabilité de la couche externe, dont les cellules ne contiennent rien qui soit capable de fermenter.

331. Il ne faudrait pourtant pas s'attendre, avant la germination, à obtenir, dans toutes les expériences, 55 sur 100 d'hordéine, comme Proust l'indique dans son travail. Ce nombre variera considérablement, selon les procédés employés et selon le temps que durera l'expérience. Plus on lavera le résidu, plus les pellicules de la couche externe du péricarpe (fig. 4, *a*), les tégumens d'amidon et les fragmens de gluten monteront et resteront en suspension, en sorte qu'à force de lavages, sur 14 gros de farine d'orge, j'ai fini par ne plus obtenir qu'un gros d'*hordéine*. Mais, comme j'avais soin d'examiner les eaux de lavage au microscope, toutes les fois que je décantais, il devenait évident à mes yeux que j'enlevais, à chaque fois, des fragmens nombreux des organes les plus légers de ce mélange précipité.

332. Et c'est ici l'occasion de faire remarquer combien l'on se trompe quand, à l'aide de l'analyse des farines par les procédés en grand, on assure avoir obtenu des quantités précises, susceptibles d'être exprimées par des fractions et même par des unités. Le *son*, comme on vient de le voir, passe en assez grande quantité avec l'amidon ; le gluten se réunit aussi à cette substance, surtout quand il n'est pas élastique ; l'amidon à son tour reste emprisonné en quantité notable dans la substance du gluten ; il faut en dire autant du sucre, de l'huile, de la résine et des fragmens de l'embryon ; en sorte que tel auteur indique une quantité

d'huile, tel autre ne mentionne pas même cette substance; qu'en un mot enfin une analyse en grand est un véritable chaos, une simple approximation inutile à la physiologie, et dont les résultats peuvent tout au plus servir de guide aux procédés industriels.

333. Je terminerai ce paragraphe en faisant remarquer qu'on pourrait obtenir ce *son* très divisé (*hordéine*), à un état de pureté aussi grand que dans les expériences de Proust (305), par une simple lévigation. Car délayée dans une suffisante quantité d'eau (20 fois son volume), il se forme consécutivement trois espèces de précipités superposés; l'inférieur offre, outre tous les organes qui constituent l'*hordéine*, quelques gros sacs de fécule et de grosses sommités du grain hérissées de poil; la seconde couche offre plus de fécule que de ces fragmens, et la troisième ou la supérieure est la plus pure de toutes. Plus les mailles du bluteau sont fines, et plus la grosseur de ces fragmens de la couche inférieure diminue; en sorte que, par suite de quelques essais, on pourrait parvenir à reconnaître le degré de finesse d'une farine, par le simple mesurage de ces fragmens au microscope.

§ 3. Région qu'occupent respectivement les substances organisées et organisatrices dans une graine de céréales [1].

334. Avant la fécondation le péricarpe renferme de la fécule (5) chez certaines céréales, et le périsperme ne renferme que de l'albumine et du sucre. Dans d'autres, l'albumine et le sucre existent simultanément dans les cellules du périsperme et du péricarpe. Les poils (317) dont la sommité de l'ovaire est hérissée ne renferment que du sucre, et les écailles (318) placées à la base de cet organe contien-

(1) Pour la complète intelligence des réactions que je vais mentionner, je renvoie le lecteur à l'article du *sucre* (groupe des *substances organisatrices*). — *Annal. des Sc. d'observat.*, tom. I, p. 72. 1829.

ment, avec le sucre, de l'albumine. Les stigmates ne renferment que de la gomme que protége contre l'action de l'eau l'imperméabilité des parois de leur tissu cellulaire. La résine verte existe à cette époque dans la couche interne du péricarpe (311). Graces au réactif dont je parlerai plus longuement à l'article sucre, l'existence de toutes ces substances, dans leurs organes respectifs, se peint aux yeux, au microscope, sans le secours d'une bien longue manipulation.

335. Soit en effet un ovaire d'orge (*hordeum hexastichon*) (pl. 3, fig. 6, *a*), dont j'ai représenté, grossis cent fois, un fragment de stigmate (*b*) et les écailles basilaires avec l'épaisseur qui les caractérise à cette époque, vues par-derrière (*c*) et vues par-devant (*c'*). Que l'on dépose cet ovaire dans la cavité d'une lame de verre, remplie d'acide sulfurique et que l'on recouvre à frottement avec une lame simple, on ne tarde pas à voir (pl. 3, fig. 4) les poils (*b c d e*) se colorer en jaune, se contourner (*b*), s'enfler çà et là comme par des impressions digitales (*d*), et les autres enfin crever par le bout. La panse de l'ovaire (*a' a'*), ainsi que le jeune périsperme que l'on voit enchâssé dans le centre du péricarpe, comme un ovule dans un cœur, se colorent en purpurin de la plus belle nuance, et l'épiderme même (*a a*) contracte une légère couleur purpurine. Les écailles (fig. 6, *c c'*) se colorent de même. Mais les papilles du stigmate (fig. 6, *b* et 4, *g g*) au lieu de se colorer, laissent suinter seulement des gouttelettes limpides, incolores (fig. 4, *h h*). L'albumine et le sucre existent donc simultanément dans toute la capacité de l'ovaire et dans la substance des écailles. Si l'on ajoute à l'acide sulfurique de l'albumine, les poils se colorent en purpurin; ils renferment donc du sucre. Quant aux stigmates, ni l'albumine, ni le sucre ne parviennent à communiquer à l'acide sulfurique la propriété de les colorer en purpurin. D'un autre côté, l'alcool n'enlève rien aux stigmates intègres; donc leurs papilles ne renferment ni sucre, ni

albumine, ni huile, ni résine; et les gouttelettes qui en suintent ne sont que de la gomme plus ou moins mucilagineuse.

336. Si l'on détache du péricarpe (*a a'*) d'un ovaire frais le périsperme que l'on voit enchâssé, comme un ovule, dans le sein du péricarpe affaissé par l'acide sulfurique, et que l'on place ce corps turbiné sur l'acide sulfurique, on le voit (fig. 8) se colorer en purpurin, à l'exception de son épiderme (*b b*) qui se colore en jaune. Le mamelon (*a*) où doit se former l'embryon est imperforé évidemment, ainsi que je l'ai déjà démontré par des dissections multipliées [1], et que le démontre encore mieux la réaction de l'acide sulfurique. Car dans cet acide une perforation se montre avec une évidence frappante; le grain de pollen (fig. 9, *a a*) en offre un exemple. L'épiderme du périsperme, qui avant la fécondation n'est qu'une couche parsemée de cellules (fig. 8, *b'*), correspond à la couche de cellules hexagonales (*b''*) que nous retrouvons, à la maturité de la graine, sur toute la périphérie du périsperme (314).

337. L'ovule d'une foule d'espèces des diverses familles de végétaux se comporte, dans l'acide sulfurique, comme le périsperme non fécondé des céréales, organe qu'on peut regarder comme l'équivalent de l'ovule.

338. A LA MATURITÉ DE LA GRAINE, les stigmates desséchés se sont détachés du sommet. Les poils se sont vidés en partie. La couche blanche du péricarpe (pl. 4, fig. 2, *a'*, fig. 7, 8, 9, 10, *a*) ne renferme plus aucune substance soluble, que l'alcool, l'acide sulfurique concentré ou l'eau, puissent lui enlever. C'est du ligneux tout pur (156). La couche intérieure du même péricarpe (fig. 4, *b*) est toute résineuse, et se dépouille par l'alcool de toute la résine jaune que renferment ses cellules. Je ne sais point encore à quelle substance il faut attribuer l'opacité des cellules hexa-

(1) Voyez mon *Mémoire sur la perforation de l'ovule* (*Mém. du Mus. d'hist. nat.*, tom. XIV). — *Annal. des sc. d'obs.*, tom. I., p. 89 et tom. III, pag. 95.

ganales du *test* (314). Le périsperme renferme le gluten, l'amidon (1), et, ainsi que l'indique la réaction de l'acide sulfurique (335), du sucre et de l'huile, qui abondent dans le maïs. L'embryon (pl. 4, fig. 1 et 2, *b*), outre la substance verte de la plumule (319) et de la nervure du cotylédon, renferme encore de l'huile et du sucre avec de la gomme. L'huile abonde chez l'embryon du maïs.

339. Quant aux proportions en grand de toutes ces substances, dans une farine donnée, nous renvoyons aux tableaux analytiques, placés à la fin du volume; mais ces proportions, par toutes les raisons ci-dessus exposées (332), ne peuvent être considérées que comme des approximations utiles à l'industrie.

SIXIÈME GENRE :

ORGANES POLLINIQUES.

340. J'entends, par *organes polliniques*, des cellules assez compliquées dans leur organisation, qui s'isolent en général, et qui recèlent dans leur sein la substance destinée à déterminer le développement d'un nouvel individu, sous forme soit de *graine* soit de *bourgeon*, c'est-à-dire à féconder un organe femelle. La nécessité de cette définition nouvelle sera motivée par les rapprochemens et les analogies de la seconde partie de ce genre. Car je diviserai ce genre en *organes polliniques internes* ou *pollen des anthères*, et en *organes polliniques externes* ou *pollen des organes foliacés*.

PREMIÈRE ESPÈCE : POLLEN DES ANTHÈRES [1].

341. Tout le monde a remarqué, autour du jeune fruit du lys ou de la tulipe, les six *filamens* blancs qui dépassent presque la corolle et qui portent à leur sommet un corps

(1) *Bull. des sc. nat. et de géol.*, tom. IX, n. 78. Septembre 1826. — *Ibid.*, tom. X, n. 176. — *Annal. des sc. d'obs.*, tom. IV, p. 313, mai 1830. — *Mém. de la Soc. d'hist. nat.* de Paris, tom. III, *sur les tissus organiques*, §§ 67 et 90.

jaune, allongé, et oscillant comme une aiguille aimantée sur son pivot. Ce corps jaune que l'on nomme *anthère*, est un coffre à deux compartimens parallèles, qui, à une certaine époque, s'ouvrent avec explosion, et lancent, sur le stigmate du jeune fruit, une poussière jaune qui y reste attachée. Cette poussière, c'est le *pollen;* elle se compose de grains plus variables encore dans leurs formes et dans leurs dimensions que ne le sont les grains d'amidon (93).

§ 1. Caractères physiques des grains de pollen.

342. Les grains de pollen varient de forme et de dimensions, dans les limites les plus larges selon les genres, et en subissant de simples modifications selon les espèces. Lisses et sphériques ou allongés dans les graminées, les cypéracées et le plus grand nombre des monocotylédones corolliflores; sphériques et mamelonnés sur toute leur superficie dans les tulipes (pl. 5, fig. 13), les malvacées, les *convolvulus arvensis* (fig. 21), et un grand nombre de composées; triangulaires à angles en mamelons dans les *lopezia*, *stachytarpheta*, les *œnothera*, le *cucurbita leucantha* (pl. 5, fig. 26); le *scabiosa caucasica*, etc.; bilobés dans les conifères (fig. 27, 28), on les voit s'agglutiner les uns contre les autres et former des masses plus ou moins solides, dans les orchidées et les asclépiadées.

343. Ceux des graminées affectent quelquefois $\frac{1}{100}$ et dépassent à peine $\frac{1}{20}$ de millimètre, tandis que ceux du *cucurbita leucantha* atteignent $\frac{1}{14}$, ceux de l'*hibiscus rosa sinensis* $\frac{1}{25}$, $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{7}$, ceux du *stachytarpheta* $\frac{1}{7}$ sur les côtés et $\frac{1}{12}$ sur leur épaisseur.

344. Leur couleur par réflection varie aussi à l'infini, du blanc au gris, au jaune, au purpurin, au rouge, etc.

§ 2. Dévelopement des grains de pollen.

345. Dès mes premières recherches sur le *pollen*, j'eus lieu de remarquer que ses grains ne jouaient pas toujours

librement dans les boîtes (*Thecæ*) de l'*anthère* (341) .L'analogie, qui m'avait toujours servi si sûrement de guide, depuis mes découvertes sur l'*amidon*, me fit porter plus spécialement mon attention sur cette nouvelle circonstance; et je ne tardai pas à m'assurer que, de même que les grains d'amidon, les grains de pollen croissaient dans les mailles d'un tissu cellulaire.

346. Car si l'on examine l'intérieur de ces boîtes bien avant la fécondation, on s'assure que l'intérieur en est rempli, dans le principe, de granulations très petites, qui se présentent, de jour en jour, avec des dimensions plus grandes, qui s'isolent de plus en plus, et qui enfin atteignent les formes et les dimensions des grains de *pollen*, tels qu'on les retrouve à l'époque de la fécondation même.

347. En même temps que ces grains s'isolent, on observe distinctement que l'intérieur de ces boîtes (*Thecæ*) est divisé par des cloisons plus ou moins nombreuses, et forme des cellules dans l'intérieur desquelles sont logés les grains de pollen. Ces cellules en général sont glutineuses, élastiques, filantes, et sont entraînées par la pointe de l'aiguille, en enveloppant les grains qu'elles recouvrent, comme une toile d'araignée. Ce phénomène est très sensible dans l'*Hibiscus rosa sinensis*, L. Quelquefois, par l'effet du déchirement, ce tissu cellulaire glutineux s'étire en petits filamens qui s'étendent d'une paroi ou d'une extrémité de la boîte à l'autre. Ce tissu élastique se comporte avec les réactifs exactement comme le gluten des céréales; et il disparaît dans les anthères de certains végétaux, soit par la dessiccation qui l'émiette, soit par la formation d'un acide qui le rend soluble et coulant.

348. Ce qui achève encore mieux de démontrer que les grains de pollen ne sont, ainsi que les grains de fécule, que des cellules isolées, c'est l'anatomie de ces *déviations* si fréquentes, par lesquelles un pétale de rose ou de toute autre fleur double produit des grains de pollen, sur un point quel-

conque de sa surface. On voit, en effet, les cellules d'alentour passer par des dégradations successives d'organes, à la forme d'organes polliniques, d'une manière si frappante, qu'il ne reste plus le moindre doute à l'observateur.

§ 3. **Organisation et analyse microscopique du grain de pollen.**

349. La structure compliquée du grain de pollen est bien plus sensible que celle du grain d'amidon, à cause de la nature des substances hétérogènes qui enrichissent son tissu.

350. La seule inspection du *pollen* du *Pinus sylvestris* (pl. 5, fig. 27, 28) suffit pour reconnaître que la cellule principale, qui sert ici de tégument général, renferme dans son sein quatre grandes cellules, dont deux latérales offrant un grand paquet jaune rougeâtre à leurs extrémités, l'une antérieure transparente (fig. 27) et l'autre postérieure blanche et opaque (fig. 28). En observant les grains sphériques et transparens du *pollen* des graminées, on serait tenté de considérer le grain de pollen du *Pinus sylvestris*, comme le résultat de l'association de deux grains de pollen dans le même tégument. Car, dans l'intérieur du grain de *pollen* des graminées, on observe un paquet central de cellules, analogue à chacun des deux paquets du *pollen* des pins. A travers le *pollen* du *Convolvulus arvensis* (pl. 5, fig. 21) qui par réflexion est grisâtre, on observe, par réfraction (fig. 29), six segmens dont trois opaques et trois transparens, qui lui donnent l'aspect d'une *balle à jouer*.

351. A travers le *test* épais des grains de *pollen* des tulipes (pl. 5, fig. 13) ou des malvacées, on n'aperçoit plus aucune organisation interne ; mais on est forcé d'admettre, à la seule inspection, que ce *test* est organisé lui-même, et que toutes ces papilles, qui s'allongent en poils gros et courts sur le *pollen* de l'*Hibiscus*, ne sont que des cellules faisant saillie au dehors. L'anatomie du pollen du *Nyctago jalappæ* (car on peut disséquer le grain de cette espèce), l'anatomie confirme cette idée et démontre l'organisation de l'inté-

rieur du grain. Lorsqu'on coupe, par le milieu, ce gros grain de *pollen*, les deux calottes ont de la peine à se séparer l'une de l'autre, et en les séparant par la traction des deux aiguilles, on voit qu'elles étaient retenues par un tissu élastique, infiniment transparent, et qui divisait l'intérieur du grain en plusieurs compartimens cellulaires. Chacune de ces calottes, vue de champ et par réfraction au microscope, offre aux yeux l'aspect d'un tissu cellulaire serré, parsemé régulièrement, et, en quinconces, de grandes cellules (pl. 5, fig. 19); ces grandes cellules, si elles faisaient saillie au dehors, donneraient au *pollen* du *Nyctago* l'aspect extérieur de celui des malvacées. Au lieu de toutes ces cellules disposées en quinconces, le test tricorne du pollen des onagres, etc., offre, même par réfraction, une cellule transparente à chacun de ses angles (342).

352. Les grains de pollen ne sont pas plus libres dans les cellules glutineuses qui remplissent la capacité du *Theca* (347) de leurs anthères, que les grains d'amidon (88) dans l'intérieur des cellules, soit ligneuses, soit glutineuses (240). Chacun de ces grains est muni d'un *Hile*, par lequel il tenait à la paroi qui lui a donné naissance; et ce *hile*, dans les anthères d'*Epilobium*, tient à cette paroi par un long funicule blanc; espèces de cordons ombilicaux que les botanistes ont pris pour des filamens entrecroisés et disposés là au hasard. En faisant rouler un grain dans l'eau du porte-objet, il devient aisé d'observer au passage ce *hile*, emportant quelquefois avec lui un fragment quelconque du tissu cellulaire (pl. 5, fig. 13). Mais afin de le mettre mieux en évidence, il suffit de déposer un grain de pollen dans l'acide sulfurique qui, en dissolvant les substances opaques du grain, sans attaquer son test, laisse apercevoir distinctement l'ouverture du *hile* (pl. 3, fig. 9, *aa*).

353. L'analyse microscopique va nous révéler à son tour, non-seulement l'organisation interne et externe du grain

de pollen, mais encore la nature des substances que chaque ordre de ses cellules renferme.

354. A peine les grains de pollen tombent-ils sur la goutte d'eau déposée au porte-objet, que chacun d'eux se manifeste des mouvemens de recul ; et bientôt on voit sortir, par une explosion quelquefois assez forte, un boyau qui se roule sur lui-même, ou un nuage de granulations qui se dispersent dans l'eau. C'est par la filière du *hile* (352) que passent ces organes, ainsi que toutes mes expériences et toutes mes observations le démontrent ; et ce phénomène a lieu sur certains pollens, même deux ou trois ans après la récolte de la plante, par exemple, sur celui de l'*Helianthus annuus*. J'ai représenté (pl. 5, fig. 29) le pollen du *Convolvulus arvensis* éjaculant ce long boyau ; ce boyau reste insoluble dans l'eau ; et sous l'effort des deux aiguilles, il s'étend et s'étire en filamens élastiques, en répandant des myriades de granulations ; on observe, dans son intérieur, des granulations, et souvent des compartimens cellulaires. L'alcool coagule sa substance, l'ammoniaque la ramollit, mais sans la dissoudre entièrement.

355. Si on laisse séjourner entre les deux lames de verre des grains de *pollen de tulipe* (fig. 13) dans l'alcool à 38°, ou dans l'éther froid, on obtient bientôt ces organes sous la forme de la figure 17 ; l'alcool a enlevé toute la substance purpurine qui rendait la superficie du pollen rigide, et l'épiderme se montre vide, transparent et distendu ; dans le centre on observe des cellules agglomérées et colorées légèrement en jaune rougeâtre, que l'alcool n'a point attaquées à froid ; à la base on remarque bien distinctement le *hile*.

356. Un phénomène presque contraire se présente en faisant séjourner à froid les grains de pollen de tulipe dans l'ammoniaque ; l'ammoniaque respecte ce que l'alcool a attaqué, et attaque ce que l'alcool a respecté. Toute la périphérie du grain reste rigide et opaque, quoique colorée

en rougeâtre ; mais bientôt cette coque est déchirée par l'enflure toujours croissante d'une vésicule remplie d'un liquide diaphane malgré sa couleur jaune de cire, et qui finit par sortir et rejeter derrière elle la coque rougeâtre, comme l'insecte rajeuni rejette son antique dépouille. Cette vésicule sort quelquefois seule et parfaitement isolée, comme on le voit aux fig. 15 et 16 ; mais d'autres fois on en voit sortir plusieurs ensemble du sein de la même coque, aux parois internes de laquelle elles restent adhérentes par un point de leur surface. La figure 14 en représente trois, dont une, qui était plus blanchâtre que les deux autres, aurait semblé partir de l'autre, si la différence de coloration n'avait pas indiqué suffisamment qu'elle n'avait aucune communication avec cette dernière, et qu'elle venait s'insérer sur la paroi interne de la coque par un pédoncule très long qui passait en dessous de la vésicule jaune. J'écrasai avec une pointe ces grandes vésicules, elles se vidèrent ; et, en étendant d'eau le liquide, leurs parois se présentèrent aussi incolores que les tégumens isolés du grain de fécule.

*357. En conséquence, la substance soluble seulement dans l'ammoniaque froide, qui est la *cire*, se trouve dans les cellules internes du grain de pollen de tulipe ; et la substance soluble dans l'alcool et l'éther froid, et qui a tous les caractères de la résine, se trouve dans les cellules externes qui forment le test purpurin du même grain. L'éther enlève à certains pollens de l'huile fixe et essentielle qui, chez certains pollens, tels que celui des cucurbitacées, semble suinter de tous leurs pores et se répandre, par ondulations de globules, dans l'eau ambiante. On reconnaît facilement leur nature en laissant évaporer l'eau qui les supporte ; ces globules ne tardent pas à s'évaporer à leur tour, et abandonnent sur le porte-objet les substances résineuses qu'ils tenaient en solution. On complète la démonstration à l'aide de l'éther et de l'alcool qui

s'en emparent et les déposent ensuite avec plus d'uniformité.

358. L'acide hydrochlorique produit, sur le grain de pollen, le même effet que l'eau (354) et l'ammoniaque liquide (356). J'ai placé, au porte-objet, des grains de pollen de *Cucurbita leucantha* (pl. 5, fig. 26) sur une goutte d'acide hydrochlorique; les grains, d'arrondis qu'ils étaient, poussèrent en général au dehors des mamelons également distans les uns des autres, et qui rendaient le grain tricorne; mais j'eus lieu d'en remarquer un certain nombre chez lesquels un mamelon semblait s'être allongé en un boyau membraneux, renfermant à son sommet une vésicule sphérique granulée, qui avait été entraînée avec violence dans cette espèce de cul-de-sac.

359. L'explosion pollinique ne peut donc être attribuée, ni à u de ces actions vitales dans lesquelles se réfugie l'imagination, toutes les fois que l'explication paraît embarrassante, (car la vitalité cesse dans l'ammoniaque et dans l'acide hydrochlorique); ni à la fermentation, (car la fermentation est paralysée par ces deux menstrues; elle se manifeste du reste par le dégagement de bulles de gaz; elle ne s'établit qu'à la longue : or, à la température de l'été, l'explosion a lieu dès qu'il y a contact de l'eau et du menstrue). Mais si l'on se rappelle que l'intérieur du grain de pollen est distendu par un tissu cellulaire ayant tous les caractères essentiels du *gluten* (239), la difficulté n'offre plus rien d'insurmontable. Les tissus glutineux, en effet, sont avides d'eau, d'ammoniaque, d'acide hydrochlorique, etc., et, s'ils ne se dissolvent pas toujours dans ces trois menstrues, du moins ils se combinent avec eux; or il est évident que cette combinaison intime d'un tissu avec un menstrue doit augmenter son volume, que la chaleur produite par cette combinaison chimique doit encore ajouter à l'intensité de ce phénomène physique, qu'en conséquence le tissu

glutineux dilaté ne pourra plus être contenu dans la capacité de la coque externe, et qu'il sortira, par la filière du *hile*, sous forme d'un boyau plus ou moins allongé. Ce qui vient encore à l'appui de cette explication, c'est que quelques coques de pollen, au lieu d'éjaculer un boyau ou un nuage de granules, se brisent en éclats. Au reste, par ce que nous avons dit au sujet du gluten (289), il est facile de concevoir que l'éjaculation par nuage n'est qu'une modification de l'éjaculation par boyau; dans le premier cas, le tissu glutineux sort en se dissolvant dans l'eau à l'aide d'un acide qui est expulsé avec lui; et alors les granules infiniment petits, qui s'agitent dans le liquide, ne sont que des précipités (294) de *gluten;* tandis que, dans le second cas, le gluten s'élance dans l'eau sans dissolvant et avec sa forme cellulaire.

360. L'iode colore en bleu les cellules centrales du grain de *pollen* (65); ce qu'on observe facilement sur le *pollen* des graminées[1], et sur tous les grains polliniques à test mince et transparent. Mais cette coloration est due à toute autre substance qu'à l'amidon, dont aucune expérience en grand ou en petit ne peut démontrer l'existence dans le grain de pollen.

361. Certains pollens se colorent en purpurin par l'acide sulfurique concentré; ce qui démontre, dans leur intérieur, la présence simultanée du sucre et de l'albumine ou de l'huile.

362. Quant à la région respective que la résine et la cire occupent dans les cellules du grain de pollen, elle est aussi variable que la forme du grain de pollen lui-même. L'analyse que j'ai présentée du pollen de la tulipe fournit un exemple, mais n'exprime pas une loi.

363. Il ne faudrait pas croire que les cellules résinifères

(1) *Annal. des Sc. natur.*, tom. VI, 1825, pl. 16, fig. 1 de mon Mém. *sur la fécule.*

de certains *pollens* soient le tégument le plus externe du grain; cette couche est recouverte par un épiderme translucide qui, à l'époque de leur maturité, les recouvre en s'appliquant exactement sur leur surface ; mais, à l'état de jeunesse et long-temps avant l'acte de la fécondation, les grains de pollen du *Muscari*, par exemple, offrent un épiderme très distinct du test résineux qui alors en occupe le centre, et qui, en se développant de plus en plus, vient s'agglutiner de telle sorte, qu'il ne peut plus en être séparé qu'à l'aide des réactifs.

364. J'ai dit plus haut, qu'à part quelques cas fort rares où le pollen éclatait dans l'explosion, l'éjaculation de la matière fécondante se faisait par le *hile* (354), c'est-à-dire à travers l'ancien point d'adhérence du grain de pollen contre les parois intérieures de la cellule glutineuse de l'intérieur de l'anthère (347). Cependant on a décrit sur d'autres pollens une suture longitudinale bordée de *sphincters* destinés à la fermer et à l'ouvrir (pl. 5, fig. 20). Mais ces sutures et ces *sphincters* ne sont que des illusions d'optique provenant soit de la dessiccation du grain de pollen, soit de sa structure interne ; en suivant la manière de raisonner des physiologistes, il faudrait admettre des sutures et des sphincters sur le grain de fécule (90). Le meilleur moyen de réfuter ces opinions basées sur un simple coup d'œil, c'est de leur opposer des observations qui n'exigent pas des procédés plus compliqués. Or, qu'on observe les grains de *pollen* de *Zamia* (pl. 5, fig. 18, 22, 23, 24 et 25); ce prétendu *sphincter* se présente sur ces grains avec des nuances si bien ménagées, qu'on le voit déborder en relief le grain, s'y concentrer sous forme d'une cellule, mais rester invariable dans ses divers aspects, soit à sec, soit à l'état humide. Les *sphincters* que l'on a cru voir s'ouvrir par la dessiccation, et se fermer par l'humidité, proviennent donc d'un simple retrait, d'un simple pli que la dessiccation produit sur certains pollens à test mince et flexible.

§ 4. Qu'est-ce que la Pollénine (Bucholz et John [1])?

365. Pour obtenir cette substance du *pollen* du *Lycopodium clavatum*, Bucholz et John épuisèrent le *pollen* par l'eau, l'alcool, et à la fin par une solution de potasse, pour dissoudre successivement le sucre, la résine, l'huile grasse, etc.; il reste à la fin 89, 5 pour cent de *pollénine*, qui conserve la couleur jaune, la forme pulvérulente et la combustibilité du pollen. Cette substance se putrifie comme le *pollen* qu'on abandonne à l'humidité; elle répand à la fin une odeur de fromage pourri (41). L'acide nitrique la transforme, comme le gluten, en acide malique, oxalique, en amer de Welter (305) et en suif. Selon Fourcroy, la *pollénine* du dattier se dissout en petite quantité dans l'acide hydrochlorique. D'après Braconnot, la *pollénine* du typha (81) se dissout sans se décomposer dans les acides concentrés, tels que les acides sulfurique, hydrochlorique et acétique bouillant, dans la potasse, l'ammoniaque. Macaire Princep a trouvé que le *pollen* du cèdre brûle avec moins de vivacité que celui du lycopodium [2]; il pense que la pollénine ne renferme pas d'azote, et ne donne pas d'ammoniaque par sa décomposition spontanée; et il la compare à l'amidon!

L'analyse comparative de la *pollénine* du cèdre et du *Lycopodium* lui a fourni le résultat suivant :

	Carbon.	Hydrogène.	Oxigène.
Cèdre,	40,00	11,7	48,3
Lycopodium,	50,20	8,6	39,2

366. On le voit assez clairement : selon la nature des vé-

(1) *Annal des Sc. d'obs.*, tom. III, pag 388 et 443. 1830.

(2) On se sert du *pollen* du *Lycopodium* pour les feux d'artifice de nos théâtres ; on pourrait employer, au même usage, le *pollen* des conifères, ainsi que la poudre que lancent les vesses de loup (*Lycoperdon*). Celui des conifères est si abondant qu'on a vu des plaines entières couvertes de cette substance chassée par les vents. Le peuple, dans sa superstition, interprétait ce phénomène, en annonçant qu'il était tombé une pluie de soufre.

gétaux, selon les procédés de l'analyse; cette substance immédiate diffère autant d'elle-même que de toute autre substance organisée ; mais la chimie moderne n'y regardait pas de si près pour créer des dénominations nouvelles.

367. Je me garderai bien de considérer comme une anomalie suspecte l'absence complète de l'azote dans une substance qui pourtant donne, par sa décomposition spontanée, des produits ammoniacaux. J'ai constaté moi-même que le produit de la combustion du *pollen* du cèdre est acide et non alcalin; et d'un autre côté j'ai constaté aussi que le même pollen, placé à l'humidité, se change en acide caséique et se putréfie comme les autres. Mais ces faits, que la chimie moderne eût régardés comme contradictoires, viennent au contraire à l'appui de ce que j'ai avancé sur la formation spontanée de l'ammoniaque dans une substance non azotée (41), dans l'amidon, par exemple, qui est bien la moins azotée des substances, quand elle est entièrement pure de gluten (2, 3).

368. Mais pour celui qui aura répété les observations microscopiques qui précèdent ce paragraphe, il sera évident qu'au lieu d'obtenir une substance immédiate par les différens menstrues qu'ils ont employés, les auteurs des précédentes analyses n'ont obtenu qu'un mélange plus ou moins altéré. Quant aux chimistes qui n'ont foi qu'aux résultats des analyses en grand, ils n'auront pas de peine à concevoir que soumettre le *pollen* à l'analyse élémentaire, ce n'est pas lui soumettre la prétendue *pollénine;* qu'en conséquence M. Macaire Princep ayant analysé deux *pollens* intègres, dont l'organisation est loin d'être identique, il n'y a plus rien d'étonnant qu'il ait trouvé des nombres si peu concordans. Car, de tout ce que nous avons dit plus haut (362), il résulte que, sous le rapport des proportions, l'analyse du *pollen* devra varier à l'infini selon les diverses plantes ; que les uns possédant plus de résine et plus d'huile essentielle, fourniront à l'analyse plus d'hydro-

gène que ceux qui possèdent au contraire plus de sucre et de gluten ; que le gluten des uns semblera plus abondant (parce qu'il sera plus élastique et plus insoluble, 287), plus azoté (parce qu'il aura été long-temps malaxé ou qu'il renfermera plus de sels ammoniacaux).

369. Si les auteurs des analyses précédentes avaient examiné au microscope leur prétendue *pollénine*, ils auraient certainement vu qu'au lieu d'une substance immédiate, il leur était resté entre les mains une poudre composée de grains de pollen avec leur épiderme (363), leur *test* (88), leur gluten intérieur, et une certaine quantité de résine, d'huile que les plus grands lavages ne pourraient extraire du sein des cellules internes, sans désorganiser la majeure partie des tissus. C'est le mélange inséparable de ces substances organisées et organisatrices qui communique au gluten du *pollen* les qualités étrangères qui ont donné le change à l'analyse, et qui varieront, comme je l'ai déjà dit, à chaque nouvelle expérience.

370. La *pollénine* des auteurs n'est donc que du gluten (251) avec toutes ses variations accidentelles.

§ 5. Examen critique de quelques autres substances qu'on a signalées dans le pollen [1].

371. EAU. — « Cent parties de pollen de typha, dit Braconnot, ont perdu par la dessiccation 48 parties d'humidité, ce qui est d'autant plus remarquable que cette poussière a une apparence si sèche qu'elle semble couler d'un vase à un autre sans y adhérer. »

372. Ce fait n'est étonnant que pour celui qui n'a pas étudié la structure du *pollen*. Qu'y a-t-il, en effet, de remarquable qu'une vésicule à *test* résineux, et par conséquent sec et lisse, renferme dans son sein la moitié de son poids de parties aqueuses ? Mais laissez cette poussière ex-

(1) *Annal. des Sc. d'obs.*, tom. III, pag. 386.

posée à l'air atmophérique, et l'humidité ne tardera pas à se révéler dans son sein par le développement de la fermentation. Il faut observer encore que la dessiccation artificielle éliminera, non-seulement de l'eau, mais encore de l'huile essentielle et autres substances volatiles.

373. MATIÈRE PEU AZOTÉE.—En lisant les détails de l'analyse de Braconnot, il devient évident que cette substance est un double emploi de la pollénine, comme la *zimôme* est un double emploi de la *gliadine* (288).

374. SUIF FORMÉ DE STÉARINE ET D'OLÉINE.—Sans attacher ici trop d'importance à la dénomination de SUIF, il est permis de penser que la substance grasse que désigne Braconnot, et qu'il a isolée par l'éther, était un mélange d'huile, de résine et d'huile essentielle. Nous renvoyons, à ce sujet, nos lecteurs aux articles des graisses.

375. AMIDON.—L'analyse n'a rien offert à Braconnot qui eût les caractères de l'*empois ;* l'eau bouillante n'a rien enlevé au pollen qui simulât la substance soluble de la fécule. Mais ayant vérifié ce que j'avais avancé en 1825[1], savoir que l'iode colore en bleu l'intérieur des grains de pollen, l'auteur, sur cette simple donnée, a conclu que le pollen renfermait de l'amidon. Si la coloration en bleu par l'iode suffit pour admettre l'existence de l'amidon dans une autre substance, pourquoi ne l'admet-on pas dans la résine de gayac (65)?

§ 6. AURA SEMINALIS. — Prétendus animalcules spermatiques.

376. On entend par *aura seminalis* la substance qui, en s'introduisant dans les vaisseaux du pistil, détermine, soit la création, soit le développement de l'embryon. La chimie a été, jusqu'à ce jour, inhabile à nous en révéler la nature.

377. Dans ces derniers temps, Adolphe Brongniart a occupé longuement l'Institut d'un système où il tendait à faire considérer les granulations qui sortent pendant l'ex-

(1) *Annal. des Sc. d'obs.*, tom. VI, pl. 16, fig. 1.

plosion du pollen, comme étant les analogues des animalcules spermatiques ; il en a décrit la forme invariable d'après lui, les dimensions, et enfin les mouvemens sur lesquels il basait leur animalité. Je combattis ce roman, en démontrant que ces mouvemens ne différaient, en aucune manière, des mouvemens imprimés à tout corps nageant sur la surface de l'eau, par l'impulsion de l'explosion, par la pente du porte-objet, par l'agitation de l'air, par l'ébranlement du sol, par les mains et par le souffle de l'observateur, et par l'évaporation de la substance, quand elle est volatile. Sur ces entrefaites, Rob. Brown vint renchérir sur l'opinion de Brongniart, en la généralisant ; d'après lui, tous les corps suspendus sur la surface de l'eau étaient doués d'un mouvement, sinon spontané, du moins inhérent à leur nature. Je consacrai de nouvelles pages à la réfutation de cette nouvelle publication ; et bientôt l'Institut qui, dans un élan de complaisance, avait accordé une couronne à ces prodiges, fut forcé d'en venir, de rapport en rapport, jusqu'à une rétractation formelle. Aujourd'hui les savans partagent tous mon opinion [1] ; aussi, sans entrer plus avant dans le fond d'une discussion qui a absorbé tant de pages, je me contenterai de rappeler que les granules qui sortent du *pollen*, lancés avec explosion dans le liquide, sont très souvent des bulles infiniment petites d'huile essentielle pure ou tenant en dissolution de la résine, et d'autres fois du gluten précipité de son dissolvant par le mélange de l'eau (285).

378. En conséquence, la substance fécondatrice reste encore à déterminer ; et je ne sais si je dois me permettre de mentionner ici les expériences de Henschel qui, en Al-

(1) Voyez, à ce sujet, notre premier travail *sur les granules du pollen*, Mém. de la Soc. d'hist. nat. de Paris, tom. IV. — *Annal. des Sc. d'obs.*, tom. I, pag. 230, 1829, et tom. III, pag. 92, 1830. — Tiedemann a copié textuellement presque tous les résultats de nos réfutations, dans son *Traité de physiolog. de l'homme*, trad. de l'allemand par A. J. L. Jourdan. Paris, 1831, deuxième partie, § 589, etc.

lemagne, a prétendu qu'on pouvait féconder les pistils des plantes avec des poussières même inorganiques telles que la poudre de craie, de soufre et de charbon ce travail n'est en vérité qu'une longue mystification. Je craindrais trop, à mon tour, d'imiter sa témérité, en invitant les expérimentateurs à vérifier l'assertion suivante que je leur livre avec la plus grande réserve. Ce boyau glutineux (354), ces globules glutineux (359) qui s'élancent sur le pistil, et y disparaissent, ne seraient-ils pas destinés à porter, à travers les papilles aspirantes du stigmate, les élémens de la fermentation organisatrice dans la cellule où doit naître l'ovule végétal ?

DEUXIÈME ESPÈCE.

POLLEN DES ORGANES FOLIACÉS. — LUPULINE.

379. Lorsqu'on agite les cônes femelles du houblon dans un sac, il s'en sépare une poudre jaune qui, tamisée avec soin, pèse de 9 à 12 pour cent de cônes femelles; nombre qui varie en raison de l'époque de la cueillette, des circonstances météorologiques qui l'ont précédée et qui l'accompagnent, enfin en raison des modifications des ustensiles qu'on emploie. C'est cette poudre que Yves nomma *lupuline*, et qu'il trouva, par ses dernières expériences (*Journal de Pharmacie*, tom. VIII, pag. 219), composée de 36 parties de résine, 12 de cire, 11 d'une matière extractive amère, particulière, soluble dans l'eau et dans l'alcool, 5 de tannin, 10 d'extractif insoluble dans l'alcool, et 46 pour cent de résidu insoluble.

380. Quelque temps après, Planche, Payen et Chevalier s'occupèrent à leur tour de l'analyse de la même poudre; ils reconnurent l'existence des mêmes substances, mais avec des proportions différentes.

381. Postérieurement à tous ces travaux, j'éveillai l'at-

tention des chimistes sur l'organisation compliquée et sur l'analogie de la *lupuline*, et je figurai la région qu'occupaient dans ses cellules les substances chimiques. Cette publication (1) nécessita de nouvelles recherches de la part de Payen et Chevalier auxquels s'adjoignit Gabriel Pelletan. Il est résulté de leurs recherches la création d'une nouvelle substance qu'on appelle *lupuline* ou *lupulite*, et qui, d'après les auteurs, est la substance amère du houblon, tantôt blanche ou légèrement jaunâtre et opaque, tantôt orangée et transparente, peu soluble dans l'eau bouillante qui n'en dissout que 5 pour cent de son poids, très soluble dans l'alcool ; elle n'est ni acide ni alcaline, inaltérable par les sels métalliques, insoluble dans les acides et les alcalis étendus ; ne répandant l'odeur de houblon que lorsqu'on la chauffe ; ne donnant point d'ammoniaque à la distillation, mais beaucoup d'huile pyrogénée.

§ 1. Organisation et analyse microscopique de la lupuline (Yves).

382. Examinée au microscope, cette poudre jaune ne se compose que d'organes vésiculaires riches en cellules, variant de volume autour de $\frac{1}{8}$ de millimètre, et de forme autour de celle que représente la figure 6 de la planche 5. Chacun de ces grains est, après sa dessiccation, d'un beau jaune d'or, assez diaphane, aplati, offrant, sur un point quelconque de l'une de ses deux surfaces, l'empreinte de ce point d'attache, par lequel le grain a dû tenir primitivement à l'organe qui l'engendre, point que je désigne ordinairement sous le nom de *hile*. On le voit très bien sur la figure 6. Lorsqu'on examine ces grains fraîchement obtenus des cônes femelles encore vivans, on les trouve pyriformes avec un pédoncule terminé par un *hile*, tels enfin qu'on les voit représentés, à la faveur d'une simple mais forte loupe, aux fig. 10 et 12 de la pl. 5.

(1) *Bull. des Sc. phys. et chim.*, tome VIII, pag. 353. *Mém. sur les tissus organiques*, § 57; tom. III des *Mém. de la Soc. d'hist. nat. de Paris*. 1827.

383. Si l'on enferme avec de l'éther une ou deux de ces granulations dans la cavité des deux lames de verre, on voit l'éther se colorer en jaune d'or, et les granulations devenir de plus en plus transparentes, jusqu'à ne plus retenir qu'une teinte jaunâtre ; elles s'offrent alors comme des vésicules aplaties dont la surface supérieure est traversée par quatre plis en croix (pl. 5, fig. 11).

384. Si l'on répète l'expérience en grand dans un tube de verre, l'éther, par évaporation spontanée, abandonne, au fond du vase, une substance jaunâtre que l'alcool redissout, et, sur les parois du vase, des gouttelettes d'huile essentielle qui, jaunes d'abord, se métamorphosent le lendemain en gouttelettes vertes sur les bords et incolores dans le centre.

385. L'alcool se colore de la même manière que l'éther ; mais le séjour le plus prolongé de cette substance dans une suffisante quantité d'alcool ne parvient jamais à la dépouiller de toute la matière jaune qui remplit ses cellules ; alors ses grains semblent se dédoubler, et se présentent toujours comme une grande vésicule vide à l'intérieur, et dont les cellules qui forment ses parois sont seules remplies de la substance jaunâtre (pl. 5, fig. 7).

386. L'ammoniaque présente des phénomènes plus dignes encore de remarque. Ce menstrue se colore, par le séjour de la *lupuline*, en un jaune rougeâtre que l'acide sulfurique change en jaune de cire ; et l'ammoniaque dépose, par évaporation, une substance qui, après son entière dessiccation, refuse de se dissoudre dans l'alcool et dans l'éther, et qui se comporte comme la cire.

387. Si l'on observe au microscope la poudre épuisée par ce menstrue, on remarque de grandes vésicules entières (pl. 5, fig. 1), ou des calottes de ces mêmes vésicules (fig. 2) infiniment transparentes, et qui sont divisées en un certain nombre de grands compartimens incolores par un réseau de globules verts disposés en chapelets ; elles retiennent

encore les traces du *hile*. A côté de ces grands globules transparens sont des grains jaunes opaques, et à un point quelconque de leur surface est attaché un boyau blanc plus ou moins tortueux et noué (pl. 5, fig. 3), analogue à celui qui sort si souvent du *pollen*, pendant son explosion (fig. 29), ou simple et réticulé (fig. 5), ou bien enfin une vésicule légèrement jaunâtre (fig. 4).

388. Après un séjour de trois semaines dans une suffisante quantité d'ammoniaque, les cellules centrales du grain de lupuline ne sont pas plus attaquées ; mais les globules verts se dépouillent de leur substance verte. Le grain de *lupuline* s'offre alors comme le grain de fécule vidé sous l'influence de la germination (90) (pl. 2, fig. 18), c'est-à-dire, avec la forme d'une vésicule presque incolore, dans le sein de laquelle est un paquet de cellules agglomérées. Donc l'ammoniaque n'en a pas attaqué l'intérieur.

389. On s'assure que les vésicules (fig. 1 et 2) sont l'épiderme du grain de *lupuline*, soit parce qu'on les trouve résistantes sous l'instrument tranchant, ce qui ne serait pas si elles étaient sorties de l'intérieur du grain même, soit en les détachant mécaniquement de la surface du grain à l'aide d'une pointe. On les enlève, en effet, ou par morceau, ou dans leur intégrité, à la faveur d'une déchirure qui s'opère sur leur surface et dont les bords se referment aussitôt.

390. On s'assure que le boyau (fig. 3, 4 et 5) est sorti de l'intérieur du grain, en se moulant, pour ainsi dire, à travers la filière du *hile*. Ce boyau, en se tortillant, fait pirouetter la vésicule sur elle-même et semble l'animer sous les yeux de l'observateur. A la faveur de la transparence des parois du grain, il est facile de voir que ce boyau est pris aux dépens du paquet de cellules internes qui s'étirent ainsi à travers le *hile*; et enfin l'espèce d'empâtement, qui fixe ce tissu cellulaire aux parois internes du grain, finit par s'en détacher, à peu près comme la ventouse des annélides se détache de la surface, sur laquelle elle était auparavant ap-

pliquée. L'acide hydrochlorique fait sortir ce boyau comme l'ammoniaque.

391. L'iode colore en jaune les cellules externes des grains de *lupuline*, et en purpurin violet les cellules internes (360).

392. En étudiant ces organes fraîchement extraits de la plante, ces circonstances se présentent d'une manière encore plus pittoresque. A peine place-t-on cette glande fraîche sur la goutte d'eau du porte-objet, que, par une explosion véritablement pollinique, le boyau s'élance au dehors en se tortillant. Lorsqu'on a laissé séjourner les bractées du houblon dans l'eau, on n'a qu'à toucher un de ces organes avec la pointe de l'aiguille, pour faire partir avec explosion ce boyau sinueux, ou au moins un jet nuageux de granules innombrables; et ce phénomene est visible à une simple loupe. On enlève tout aussi facilement la calotte (fig. 1 et 2). En même temps on observe, à la surface de l'eau, une pellicule inorganisée qui, par l'agitation, se divise en compartimens anguleux, et qui possède tous les caractères de la cire.

393. Les grains de *lupuline* peuvent fonctionner ainsi, après avoir été conservés dans les bocaux pendant au moins deux années, pourvu qu'ils n'aient pas été soumis préalablement à la chaleur de l'étuve. Seulement alors l'explosion est moins prompte; car l'eau a plus de peine à s'introduire dans l'intérieur du grain, pour attirer le boyau au dehors. En hiver, l'explosion est bien plus tardive et plus lente qu'en été. Cette explosion pollinique d'un organe aussi inconnu, avant mon travail, dans les catalogues de physiologie, est un trait de lumière jeté sur le système de la fécondation des végétaux.

394. Il résulte de toutes ces expériences que la cire existe dans les grandes cellules de l'épiderme, et que la résine verte (*chlorophylle*) occupe les petites cellules en chapelet du même organe (387) (fig. 1 et 2); que la résine jaune se trouve dans la couche de cellules qui tapisse immédiatement

la paroi interne de l'épiderme et qui forme le *test* du grain de *lupuline* (388) (fig. 8); que le *gluten* enfin, tel que nous l'avons rencontré dans l'intérieur du grain de *pollen* (370), occupe ici encore l'intérieur de la vésicule, et en sort avec explosion, sous l'influence des mêmes menstrues que le *pollen*. Quant à l'huile essentielle qui exhale l'arôme du houblon, l'expérience par l'éther (383) me fait présumer qu'elle est associée à la résine verte et réside dans les mêmes cellules (387).

§ 2. Applications de ces résultats aux expériences en grand.

395. GLUTEN. — Les chimistes ne se sont nullement doutés de la présence du gluten dans la *lupuline*; il est resté à leur insu dans le résidu insoluble, qui se composait évidemment de la coque avec son tissu cellulaire, et du gluten renfermé dans l'intérieur de la coque ou sorti à l'état de boyau (390).

396. MATIÈRE EXTRACTIVE AMÈRE, SOLUBLE DANS L'EAU ET DANS L'ALCOOL (Yves). — Cette matière est un mélange, 1° de gluten rendu également soluble dans l'eau et dans l'alcool par la présence d'un acide; 2° de résine amère et d'huile essentielle que le même acide rend soluble dans l'une et l'autre menstrue.

397. LUPULINE OU LUPULITE (Payen, Chevallier et Pelletan). — C'est la résine mêlée à l'huile essentielle aromatique et rendue soluble dans l'eau et dans l'alcool à l'aide des acides libres (gallique et malique).

398. J'ai dit (392) que l'eau dans laquelle on a laissé macérer des bractées fraîches, et j'ajouterai même, par anticipation, des feuilles fraîches de houblon, ne tarde pas à se couvrir d'une pellicule de cire, qui vient ainsi se déposer à sa surface, quoique l'eau soit impropre à la dissoudre. Mais on ne doit pas avoir oublié que l'ammoniaque, qui est le menstrue de la cire, se forme partout où il y a fermen-

tation, et il y a fermentation partout où on laisse séjourner dans l'eau des tissus, surtout des tissus glutineux.

399. Je ne parlerai pas des autres circonstances de l'analyse en grand; car évidemment elle fourmille de négligences et de doubles emplois, qui sont le fait unique de la méthode ancienne. J'en donnerai les résultats détaillés dans le tableau général des analyses.

§ 3. Applications à la physiologie.

400. L'analogie, je dirai presque l'identité des grains de *lupuline* avec les grains de *pollen* (349) résulte sans contredit de toutes mes expériences, en sorte que je ne puis m'empêcher de les considérer les uns et les autres comme destinés aux mêmes fonctions.

401. Or ces glandes polliniques se sont développées sur la page inférieure des écailles, dans l'aisselle desquelles se trouvent les ovaires. Si ces glandes sont l'équivalent du pollen des anthères, il doit s'ensuivre que, sans le secours des individus mâles de houblon, les individus femelles seront habiles à produire des graines. Or, le fait a été constaté par le plus exact des observateurs, par Spallanzani [1], qui, ne se doutant pas de cette analogie importante, avait conclu que la fécondation des plantes pouvait s'opérer sans le concours des organes mâles. Notre découverte a replacé cette anomalie, au rang des faits en faveur du premier système de la fécondation.

402. On retrouve des glandes analogues (fig. 9 et 11) sur le calice qui renferme l'ovaire du chanvre, et cela en si grande abondance, qu'on serait tenté de croire que la surface du périanthe est saupoudrée de grains de *pollen*.

403. Mais ce n'est pas seulement sur la page inférieure des périanthes qu'on rencontre ces organes polliniques; je les découvris sur la page inférieure des feuilles très jeunes

(1) *Exper. pour servir à l'hist. de la génér. des anim. et des plantes*, trad. de Sénebier, pag. 341.

du houblon [1], du chanvre, et on en rencontre d'analogues sur les feuilles en germination de l'érable, sur les feuilles de la mercuriale, de l'épinard, etc., avec des modifications de structure un peu différentes. Ces organes tombent à un certain âge et avec le développement de la plante. Or suivons encore ici les données de l'analogie. Des organes polliniques indiquent d'avance une fécondation à opérer. Mais sur les feuilles de la plante, quelle espèce d'organe peuvent-ils féconder? — J'ai démontré, dans des travaux de pure physiologie, l'analogie de l'ovaire avec le bourgeon; j'ai montré des ovaires qui retenaient encore les caractères des bourgeons mêmes [2]. Eh bien! si l'ovaire a besoin de l'influence de l'organe pollinique pour se développer en embryon, le bourgeon, pour se développer en rameau, serait-il soumis à une loi différente? Et n'est-il pas plus que probable que les organes polliniques des feuilles sont les agens de cette fécondation? La feuille dans ce cas serait une anthère insérée, comme l'étamine qui supporte l'anthère, inférieurement à l'*ovaire-bourgeon*, mais différant de l'anthère en ce que celle-ci tombe, après avoir lancé ses grains sur le pistil, tandis que la feuille survit à l'explosion pollinique, et sert de *cotylédon* nourricier au bourgeon qui se développe, comme elle lui avait servi d'organe mâle pour déterminer son développement. Quant au pistil, il n'y a qu'à examiner un jeune bourgeon avant sa fécondation, pour ne plus conserver de doute sur l'analogie de cet organe. J'ai figuré [3], à cette fin, des jeunes bourgeons de *Lythrum salicaria* dont les deux bractées représentent admirablement bien des stigmates de graminées. Ces brac-

(1) Ce sont là les organes que Guettard avait déjà désignés sous le nom de *glandes vésiculaires*. (*Obs. sur les plantes*, vol. 2, pag. 22.)

(2) *Sur la formation de l'embryon dans les graminées*. (*Annal. des Sc. nat.* 1825, tom. IV; *Annal. des Sc. d'obs.*, tom. II, pag. 238. 1829, etc.)

(3) Tom. III *des Mém. de la Soc. d'hist. nat. de Paris*, pl. 4, fig. 8, § 139.

tées se dessèchent ensuite et tombent comme les stigmates et pistils de toutes les plantes après la fécondation.

404. On objectera qu'il est des feuilles qui, à aucune époque, n'offrent sur leur surface aucun organe analogue aux organes polliniques que je viens de décrire. Je pourrais contester le fait; car, à une certaine époque de son extrême jeunesse, il n'est pas de feuille qui n'offre, au moins sur ses bords, des glandes plus ou moins allongées, dont on retrouve ensuite les traces au bout des dentelures marginales; or l'observation faite sur un assez grand nombre de végétaux met à même de constater que, par des dégradations successives de structure, les glandes polliniques arrivent jusqu'à la simplicité de certains poils, au sommet desquels on trouve encore souvent une vésicule pleine de sucs soit résineux soit caustiques. Mais j'admettrai pourtant le fait de l'absence complète de ces organes externes comme vrai, et j'assurerai que même alors la feuille n'est pas privée de ses organes de fécondation; je trouve en effet l'analogue des glandes polliniques dans ces vésicules compliquées de l'épiderme (pl. 3, fig. 5) que les physiologistes ont improprement nommées *pores corticaux* (158). Car si l'analogie des formes peut permettre de soupçonner l'analogie des fonctions, quelle plus grande analogie entre ces prétendus *pores corticaux* (pl. 3, fig. 5) et certains grains de *pollen* vides de leurs substances fécondantes (pl. 5, fig. 20)? Dira-t-on que ces *pores corticaux* sont aplatis, tandis que les grains de *pollen*, même vides, sont arrondis; mais il est facile de démontrer le contraire, en laissant macérer dans l'eau le tissu d'une feuille de *phytolacca decandra* (pl. 3, fig. 7 *a*); on ne manque pas en effet de rencontrer un certain nombre de ces organes épidermiques qui se sont pour ainsi dire gonflés, et qui apparaissent alors comme des bourses abouchées aux mailles irrégulières du réseau macéré.

405. La raison pour laquelle les glandes polliniques affectent la page inférieure des organes foliacés se conçoit

quand on voit les jeunes feuilles ou bractées ployées en deux par leur face antérieure. Je ne puis qu'indiquer ici sommairement, et sous forme d'aperçus, ces idées qui me semblent être destinées à changer un jour la face de la physiologie végétale, en la ramenant à la plus heureuse simplicité.

§ 4. Applications à l'industrie.

406. On aurait tort de croire que la propriété que l'on cherche à utiliser, en *houblonnant* la bière, réside exclusivement dans les glandes polliniques du houblon. Tous les organes foliacés de cette plante, les tiges mêmes, sont imprégnés de cet arôme tant recherché. On le retrouve encore dans tous les organes frais du chanvre, qui, en cas de besoin, pourrait remplacer avantageusement le houblon dans la confection de la bière.

407. Si l'expérience venait à démontrer qu'il y a plus de profit à employer exclusivement les granulations polliniques (*Lupuline* Yves) soit du houblon, soit du chanvre, on ne devrait pas perdre de vue que les jeunes feuilles, tamisées comme les cônes femelles (403), sont susceptibles d'en fournir une quantité tout aussi considérable (379).

DEUXIÈME DIVISION.

SUBSTANCES ORGANISÉES ANIMALES.

PREMIER GENRE

TISSU ADIPEUX [1]

408. Qu'on prenne une graisse ferme et qui n'ait pas encore été soumise à l'action du mortier ou à celle d'une température élevée; (Les graisses de mouton, de veau et de bœuf

(1) *Répertoire d'anatomie*, tom. III et tom. V, 1827 et 1828.

se prêtent très bien à cette opération. La graisse de porc s'y refuse, à moins qu'on n'opère à une température de — 5° au moins). Qu'on déchire ensuite, sans l'écraser, la masse graisseuse sous un petit filet d'eau, et au-dessus d'un tamis à mailles assez larges sous lequel on aura eu soin de placer une terrine; à chaque tiraillement du tissu, l'eau qui tombe sur la masse adipeuse détache des myriades de granules pour ainsi dire amylacés (94), et quelquefois des fragmens de tissu cellulaire assez volumineux. Les fragmens restent sur le tamis, et les granules passent à travers les mailles, tombent jusqu'au fond de la terrine d'eau, remontent ensuite à la surface du liquide, où ils se rassemblent, sous forme d'une poudre cristalline et blanche comme la neige.

409. Lorsque cette malaxation est achevée, c'est-à-dire lorsque l'eau ne passe plus laiteuse, il reste entre les mains un tissu réduit à l'aspect et à la consistance de tous les tissus membraneux des animaux. On n'a plus alors qu'à enlever, avec une écumoire, la couche des granules qui se tiennent en suspension à la surface de l'eau de la terrine, et à les laisser égoutter sur un filtre soit en toile, soit en papier. On obtient ainsi, à l'état sec, une poudre amylacée, mais plus douce, plus grasse au toucher, et qui ne réfléchit pas la lumière d'une manière aussi cristalline que le fait un dépôt amylacé.

410. Les granules qui la composent, et qui se tenaient en suspension à la surface de l'eau, se précipitent au contraire dans l'alcool froid; et ils ne m'ont pas paru, même après quinze jours de dépôt dans ce menstrue, avoir subi aucune altération appréciable; ils se comportent à peu près dans l'alcool, comme la fécule dans l'eau froide, où elle se conserve intègre presque indéfiniment.

§ 1. Caractères physiques des diverses espèces de granules adipeux.

411. Observés au microscope, ces granules (pl. 7, fig. 1, 2, 3, 4, 5, 6, etc.) présentent des formes et des dimensions

variables, non-seulement selon les divers animaux, mais encore dans le même animal, et même selon l'âge des animaux; toutes circonstances que nous avons eu lieu de remarquer à l'égard des grains de fécule (4).

412. Les granules adipeux du mouton, du veau et du bœuf se présentent au microscope avec des facettes si nombreuses et si bien dessinées, qu'on serait tenté de les prendre pour des cristallisations les plus régulières. Par réfraction (pl. 7, fig. 3 et 4) les facettes externes paraissent noirâtres et celles du champ jaunâtres. Par réflexion, au contraire (fig. 2, 8), chacun de ces granules est d'un blanc cristallin, et ils réfléchissent la lumière comme le feraient de beaux cristaux de quartz. Leurs formes et leurs diamètres varient à l'infini, mais entre des limites bien plus rapprochées que chez les grains de fécule (pag. 56).

413. Les granules de la graisse de porc (fig. 1, 6) s'éloignent des formes et de l'aspect cristallin des granules des trois animaux précédens, et se rapprochent, d'une manière frappante, des globules de fécule. Ils sont arrondis, oblongs, turbinés ou réniformes, possédant un *hile* bien plus visible et plus considérable que celui que nous avons déjà remarqué sur tous les globules qu'on avait crus jusqu'ici isolés. Par réflexion (fig. 1) ils sont blancs comme les autres, et jaunâtres par réfraction (fig. 6), plus colorés en noir sur les bords que ceux-là, et laissant entrevoir, sur leur surface ou dans leur sein, des globules isolés. Leur diamètre dépasse de beaucoup les plus gros du mouton ou du bœuf. Mais pour les obtenir isolés, il est nécessaire de laisser la masse adipeuse exposée pendant une heure au moins à une température de — 5° et de malaxer ensuite le tissu (408) dans une eau amenée à la température de + 2° ou + 3° environ.

414. Chez les insectes, les granules adipeux sont en général aussi turbinés que les *glandes polliniques* de l'érable (pl. 5, fig. 12), à cause du *hile* considérable qui les termine à la base.

415. La graisse humaine, plus fluide que celle du porc, offre plus de difficultés, sous le rapport de l'étude de ses globules. A la température ordinaire, il serait impossible, par la malaxation, d'obtenir autre chose qu'un *magma* désorganisé. Mais en laissant séjourner un morceau de cette espèce de graisse dans l'acide nitrique ou dans la potasse liquide, on ne tarde pas à obtenir un résultat satisfaisant. Ces deux espèces de saponification consolident la partie incluse de chaque grain, et désagrègent ces granules par le retrait qui résulte de cette action chimique. Mais il ne faut pas perdre de vue que l'effet de ces deux réactifs variera, selon la température et les quantités relatives des substances employées, et, d'un autre côté, que l'excès de la chaleur résultant du mélange, ou bien la concentration du réactif, pourrait carboniser la substance graisseuse ou en altérer le tissu cellulaire. C'est par ce double procédé que j'ai reconnu la forme des granules adipeux pris sur le sein, sur la poitrine, la cuisse, le pubis, le mésentère d'une femme morte en couches à l'âge de 30 ans, tels qu'on les observe par réfraction ou par réflexion (412) aux fig. 7 et 8 de la pl. 7. Les bords, par réfraction, en paraissent un peu frangés, et offrent çà et là quelques traces de l'action corrosive de l'acide nitrique, dans lequel je les laissai macérer quatre heures.

416. En laissant séjourner dans l'eau froide le tissu adipeux, on parvient encore à en observer l'organisation sur quelques fragmens. Il est vrai que, dans ce cas, les cellules, au lieu d'être polygonales, en sont arrondies et globuleuses; qu'au lieu d'être fortement ombrées, comme dans l'expérience ci-dessus, elles conservent toute la limpidité de l'huile; et que, par conséquent, on aurait pu m'objecter que je voyais là, non des cellules, mais des gouttelettes d'huile qui se seraient agglomérées en ces endroits, après avoir été exprimées des tissus adipeux. Mais, à l'aide d'une pointe, on peut s'assurer qu'elles sont emprisonnées chacune dans leur vésicule propre, ainsi qu'on peut s'en faire une idée

par la fig. 9, qui appartient à un fragment de graisse prise sur le pli du coude d'un enfant mort à l'âge de 8 ans.

417. Enfin, en laissant dessécher spontanément à l'air un flocon de graisse humaine, on finit par rencontrer des bords qui, observés au microscope, offrent les résultats les plus satisfaisans; car on a alors l'image la plus parfaite du tissu cellulaire des végétaux. La fig. 10 représente, au grossissement de 100 diamètres, le bord d'un flocon de graisse pris sur la femme dont j'ai parlé ci-dessus. On y voit les cellules distendues (*a*) sur les bords du flocon, et les cellules (*b*) affaissées, après avoir été vidées, par suite de leurs solutions de continuité.

418. Il est impossible de ne pas reconnaître ici l'identité de structure de la graisse humaine avec celle de la graisse de veau ou de bœuf, observée, avant toute malaxation, sous le microscope (fig. 5). Mais en même temps on s'aperçoit que les cellules contiguës de celle-ci se désagrègent sous la pression d'une pointe, tandis que celles de la graisse humaine résistent à la pression, ou se vident et s'affaissent en se déchirant; d'où il faut conclure que, dans la graisse humaine, les globules graisseux sont unis par l'adhérence de leurs parois, tandis que le contraire existe dans la graisse de veau ou de mouton. Le réseau de la fig. 5 est donc un effet de la réfraction de l'air qui s'interpose entre les parois des granules, tandis que le réseau anastomosé de la fig. 10 est doué d'une organisation vasculaire (167).

419. De même qu'à l'égard de la fécule (p. 56), j'ai pris soin de mesurer les extrêmes des divers granules que je viens de décrire; le tableau suivant en indique les résultats en fractions de millimètre.

Granules adipeux de

PORC.	BŒUF.	VEAU.	MOUTON.	HOMME.	ENFANT.	HANNETON.
réniformes et mous.	polyèdres inscrits dans une sphère, ou oblongs, très fermes.	*idem.*	*idem.*	polyèdres, mous et non susceptibles de s'isoler.	*idem.*	[illegible]nés et mous.
$\frac{1}{5}$ sur $\frac{1}{4}$ $\frac{1}{2}$ sur $\frac{1}{3}$	$\frac{1}{6}$ sur $\frac{1}{10}$ $\frac{1}{4}$ sur $\frac{1}{7}$ $\frac{1}{5}$	$\frac{1}{8}$ sur $\frac{1}{16}$ $\frac{1}{7}$ sur $\frac{1}{14}$ $\frac{1}{15}$	$\frac{1}{7}$ sur $\frac{1}{15}$ $\frac{1}{4}$ sur $\frac{1}{7}$ $\frac{1}{10}$ $\frac{1}{7}$	$\frac{1}{25}$ $\frac{1}{15}$ $\frac{1}{7}$	$\frac{1}{30}$ $\frac{1}{35}$ $\frac{1}{20}$	$\frac{1}{20}$

420. Ce tableau prouve évidemment que les granules de graisse de l'animal jeune affectent des diamètres inférieurs aux granules de la graisse de l'adulte, et que par conséquent ces granules ont grandi avec l'animal lui-même, ce que nous avons déjà eu occasion de remarquer à l'égard de la fécule (5) et des cellules (176).

§ 2. Organisation du granule adipeux.

421. Quoique l'analogie indiquât d'avance que chacun de ces granules isolés est une cellule, composée au moins d'un tégument et d'une substance quelconque y incluse, cependant il était nécessaire de le vérifier par l'expérience directe. C'est ce qu'il est facile d'exécuter au microscope, au moyen de l'alcool bouillant et à l'aide de l'appareil décrit à l'alinéa 21. Tant que l'alcool n'entre pas en ébullition, le granule graisseux reste stationnaire ; mais dès que l'ébullition commence, on voit le granule se distendre, devenir transparent ; on distingue alors dans son sein des globules internes ; bientôt il se déchire en deux ou trois fragmens qui s'agitent au gré du liquide, mais ne subissent pas la moindre altération pendant tout le cours de l'expérience. On voit en même temps passer sous ses yeux, avec toute la rapidité de

l'ébullition, une foule de débris semblables à celui qu'on observe immobile, et qui ne s'altèrent pas plus que lui.

422. Si ensuite on remplace la lampe par le miroir réflecteur, et qu'on laisse refroidir le liquide renfermé dans le verre de montre, on pourra se convaincre que le précipité qui s'opère par le refroidissement se compose uniquement des *tégumens insolubles* des granules graisseux ; pourvu toutefois que l'alcool soit assez abondant pour dissoudre, à froid, toute la quantité de substance soluble renfermée dans la capacité des tégumens.

423. Quand on fait l'expérience en grand dans un excès d'alcool, le précipité est plus manifeste, quoique l'alcool retienne en suspension une grande quantité de petits débris des *tégumens*. Lorsqu'on examine un de ces tégumens précipités, on le trouve souvent parsemé, sur toute sa surface, de globules que l'on croirait organisés ; mais, à l'aide de l'alcool pur, on s'assure que ce ne sont que des gouttelettes de substance soluble que la quantité d'alcool employée n'a pu tenir en solution à froid.

424. Afin de ne point faire de double emploi, je renvoie l'étude de la substance soluble à la partie de ce volume où je traiterai des *substances organisatrices*.

425. Mais il importe de faire remarquer deux choses : la première, c'est l'analogie frappante qui existe entre l'amidon chez les végétaux et les glandes adipeuses chez les animaux. Comme l'amidon (26), chaque granule graisseux se compose d'un tégument et d'une substance incluse ; ces deux substances sont aussi peu azotées que l'amidon ; l'amidon et la graisse servent également à la nutrition des organes de développement ; partout où il y a excès de vie et d'activité, on voit la graisse se sacrifier et disparaître ; partout où il y a repos, on la voit s'entasser dans ses réservoirs ; enfin ces granules affectent des dimensions d'autant plus considérables que l'animal est plus âgé. La seconde chose à observer, c'est le parti qu'on peut tirer de ce que nous avons dit sur

la malaxation de la graisse de mouton, etc. (408), dans l'industrie et dans les analyses élémentaires. Il est certain, en effet, qu'on obtient de cette manière la graisse au plus grand état de pureté possible, et sans l'altérer par la chaleur, avant de la soumettre à l'analyse élémentaire.

§ 3. Développement du tissu adipeux.

426. L'analogie de structure entre les granules adipeux et les grains amylacés permet de soupçonner l'analogie de leur développement cellulaire (165). L'anatomie vient à l'appui de cette hypothèse, et lui rend tous les caractères d'une démonstration.

427. Soit, en effet, un morceau de graisse ferme, telle que celle du mouton, du veau ou du bœuf (pl. 7, fig. 11). On peut constater, par le plus simple mécanisme, que cette masse se compose d'une vésicule externe (*aa*), à parois fortes et membraneuses; qu'elle enveloppe des masses assez considérables (*b*), faciles à séparer les unes des autres, et revêtues chacune à leur tour d'une membrane vésiculeuse à parois moins fortes que la vésicule externe, et renfermant à leur tour, comme cette dernière, un certain nombre de masses d'un plus petit calibre, lesquelles en renferment d'autres, et ainsi de suite jusqu'aux vésicules (*c*) qui enveloppent immédiatement les granules adipeux (*d*), et dont les parois sont si minces, qu'à l'œil nu on serait tenté de prendre, pour une seule vésicule, l'agrégat de ces nombreuses petites cellules remplies de granules adipeux. On s'assure encore, dans cette opération, que chacune de ces masses partielles tient, par un point quelconque de sa surface, à la face interne de la vésicule qui la renfermait; en sorte qu'en suivant cette analogie, on doit admettre que les granules adipeux tiennent par un *hile* à la cellule qui les renferme, ainsi que nous avons déjà eu l'occasion de le remarquer à l'égard du grain de fécule. Ce *hile* est invisible sur les granules de graisse ferme du mouton et du veau,

parce qu'il a été comprimé comme toutes les facettes du granule adipeux; il est plus visible, au contraire, sur les granules de graisse molle à la température ordinaire, parce qu'alors l'action du liquide contenu, arrondissant la vésicule, fait saillir au dehors le *hile* pédonculé (fig. 6).

428. Ces diverses vésicules (*a*, *b*), surtout les plus externes et les plus fortes, offrent à leur surface un réseau vasculaire rougeâtre; mais on reconnaît facilement que ces vaisseaux ont un calibre graduellement d'autant plus fort qu'ils approchent de plus près du point d'adhérence de la vésicule, et que c'est à ce point qu'ils s'abouchent avec l'un des vaisseaux de la vésicule plus grande qui les contient. Cette circonstance complète l'analogie de ce tissu cellulaire animal avec le tissu cellulaire végétal (175); analogie que nous avons déjà remarquée à l'occasion de la graisse humaine (415, fig. 10).

DEUXIÈME GENRE:

ALBUMINE ANIMALE (288).

429. L'*albumine animale* est une substance coagulable par la chaleur (70° environ), par l'alcool, l'acide sulfurique concentré, la potasse concentrée, le tannin, et blanche comme le lait sous cette forme; soluble au moins en partie dans l'eau froide, dans l'ammoniaque et la potasse ou la soude très étendue, les acides, acétique, phosphorique, hydrochlorique. Le blanc d'œuf est le type de cette substance, et c'est sur cet *albumen* que je vais en étudier les caractères.

§ 1. Organisation du blanc de l'œuf (*albumen*). — Substance soluble et insoluble [1].

430. Placez au porte-objet du microscope une couche de

(1) *Mém. sur les tissus organiques*, § 48, tom. III des Mém. de la Soc. d'hist. nat. de Paris. 1827.—*Annal des Sc. d'obs.*, tom. III, pag. 307. 1830. —*Essai de chim. microsc.* § 118, 1830.

blanc d'œuf, avec assez de précaution pour que vous soyez en droit de penser que, dans le cas où cette substance serait un tissu, les mouvemens de l'opération n'en auraient pas altéré l'organisation; l'observation directe et le raisonnement se réuniront pour vous convaincre que l'albumine n'est nullement une substance homogène.

431. Car en faisant mouvoir de droite à gauche le miroir réflecteur, on voit, par l'effet du jeu de la lumière, des réseaux nuageux s'entre-croiser. Or, cet effet d'optique n'aurait pas lieu, si l'albumine ne se composait au moins de deux substances hétérogènes; il est évident, en effet, qu'un liquide homogène ne réfracterait pas la lumière de deux manières différentes.

432. Lorsque la couche albumineuse est restée quelque temps appliquée contre le porte-objet, et surtout à l'époque à laquelle la dessiccation commence, on voit ce tissu transparent offrir peu à peu de grandes bosselures et comme des espèces de grands globules plus ou moins agglutinés entre eux, ainsi que des plis anastomosés comme des vaisseaux (pl. 4, fig. 14). Or cette circonstance n'a pas lieu à l'égard d'un liquide homogène qui se dessèche spontanément, par exemple, à l'égard de la gomme arabique purifiée à travers plusieurs filtres; les molécules d'un liquide, en effet, tendent à rester toujours de niveau.

433. D'un autre côté, ces deux substances hétérogènes ne peuvent être supposées exister sans ordre et d'une manière confuse dans l'albumine, puisque l'effet de lumière, produit par le mouvement du miroir réflecteur a lieu, avec la même intensité, sur tous les points de la surface observée. A l'œil nu de même, une masse d'albumine de l'œuf, pourvu qu'elle ne soit pas altérée, offre, par réflexion comme par réfraction, la même homogénéité de structure et la même diaphanéité dans toute sa substance; ce qui achève de prouver que les deux substances hétérogènes, que l'observation microscopique permet d'abord d'y supposer, s'y trou-

vent dans un arrangement régulier et non associées pêle-mêle et sans ordre, et qu'elles jouissent d'un pouvoir réfringent très voisin l'un de l'autre. Car autrement, au lieu de paraître diaphane, l'albumine aurait l'aspect laiteux et opaque des liquides qui tiennent en suspension des substances de natures diverses (58).

434. L'analogie doit porter à penser que ces deux substances se trouvent, dans l'albumine, l'une à l'état de tissu, et par conséquent insoluble, et l'autre à l'état de liquide renfermé dans les cellules du tissu. Pour vérifier cette donnée, il suffit d'agiter, dans l'eau distillée, de l'albumine fraîche de l'œuf de poule. L'agitation rend l'eau laiteuse, et l'on y voit flotter, même à l'œil nu, une quantité assez considérable de larges fragmens de tissus blancs et membraneux. Jetée sur un filtre, l'eau passe limpide et incolore, et il reste sur le filtre une masse blanche, élastique, qui se tire en filamens comme le gluten, qui refuse de se dissoudre dans l'eau. Cette masse n'est que la somme de tous les fragmens, qu'on avait vus suspendus dans le liquide avant sa filtration. Le liquide filtré, évaporé spontanément sur une lame de verre, offre au microscope la même homogénéité, la même couleur légèrement jaunâtre, les mêmes ondulations et les mêmes cassures qu'une couche desséchée de gomme arabique (pl. 4, fig. 15); exposé à l'action de la chaleur, il devient laiteux et se coagule; abandonné au contact de l'air, il se corrompt et se remplit d'infusoires du genre *monade*; il présente du reste tous les autres caractères que nous avons assignés plus haut au liquide albumineux.

435. En conséquence, l'albumine de l'œuf de poule se compose d'un tissu insoluble, organisé régulièrement, qui renferme dans ses cellules une substance soluble beaucoup plus altérable que le tissu.

Les chimistes avaient déjà reconnu l'existence d'une albumine soluble et d'une autre insoluble dans l'eau; mais ils n'avaient pas encore remarqué que ces deux sortes d'al-

bumine existaient simultanément dans le blanc d'œuf, et ils avaient rangé cet *albumen* dans la classe de l'albumine insoluble.

436. Nous rappellerons encore ici qu'un tissu cellulaire peut dérober à l'œil de l'observateur le réseau de ses cellules polyèdres, sans cesser d'être organisé. Certaines substances solubles, à un certain état de condensation, se rapprochent tellement par leur nature chimique, et, par conséquent, par leur pouvoir réfringent, des parois des cellules qui les renferment, que, toutes les fois qu'il n'existe aucun vide, soit entre leurs parois, soit dans leur sein, la lumière les traverse toutes les deux de la même manière, et elles se confondent ainsi à nos yeux (167). Si, au contraire, autour des parois extérieures de chaque cellule, il existe une solution de continuité, un canal vasculaire, et qui soit ou rempli ou tapissé d'une substance différente de la substance soluble, dès ce moment ce canal dévie les rayons lumineux et dessine les contours de la cellule (pl. 7, fig. 10)[1].

437. Mais la substance insoluble de l'albumine de l'œuf ne le devient que graduellement; et il est une époque où elle se distingue à peine, sous ce rapport, de la substance soluble; c'est ce qu'on observe sur les œufs frais, c'est-à-dire sur les œufs récemment pondus. Donc, ainsi que nous l'avons déjà fait observer à l'égard des tissus végétaux (226), les tissus se forment par le rapprochement des molécules de la substance soluble, ou, en d'autres termes, la substance soluble se solidifie en parois de cellules.

438. Toutes ces circonstances établissent une analogie

(1) L'albumine se composant d'un tissu insoluble et d'une substance soluble dans l'eau, mais dont le pouvoir réfringent ne diffère pas de la première, il est évident qu'elle doit conserver sa transparence, sa diaphanéité, jusqu'à ce qu'on l'agite dans l'eau. Car alors l'eau étendant la substance soluble lui communique un pouvoir réfringent différent de celui du tissu. Le liquide paraît alors laiteux, parce qu'il renferme deux substances qui dévient inégalement les rayons lumineux.

complète entre le gluten chez les végétaux (240) et l'albumine chez les animaux.

§ 2. Origine de l'azote que l'analyse élémentaire signale dans l'albumine.

439. Ce que nous avons établi à l'égard du gluten, sous ce rapport, s'applique exactement au tissu albumineux, et nous allons invoquer, en faveur de cette opinion, des preuves nouvelles.

440. La substance soluble de l'albumine abandonnée à elle-même se putréfie bien plus vite que le tissu insoluble, pourvu qu'il ait été bien lavé à l'eau. Soumis à l'action d'une chaleur désorganisatrice, il répand des vapeurs ammoniacales en abondance, tandis que l'autre en donne à peine des traces. Or, il doit déjà paraître plus que probable que l'ammoniaque, ou, si l'on veut, l'azote qui existe dans l'albumine, est étranger à son organisation, puisque, ramenée à une certaine forme et coagulée, soit spontanément, soit artificiellement, celle-ci peut s'en dépouiller par les lavages. Cette probabilité se rapprocherait de l'évidence, s'il était possible de constater, dans l'albumine fraîche même, la présence de sels ammoniacaux. Or, rien n'est plus facile que d'obtenir ce résultat. En effet, si on laisse évaporer, sur le porte-objet du microscope, une goutte d'albumine filtrée et étendue d'eau pure, il ne tarde pas à s'y former une quantité assez considérable de ramifications (pl. 6, fig. 12 *dd'*), que nous démontrerons être de l'hydrochlorate d'ammoniaque dans la 2e classe de ce système. L'existence d'un sel ammoniacal une fois constatée dans l'albumine liquide, il est permis d'en supposer d'autres à même base dans cette substance.

441. Mais alors que doit devenir l'ammoniaque dans l'analyse élémentaire ?

On sait que l'ammoniaque se décompose lorsqu'elle est en contact avec le charbon incandescent, ou avec l'air at-

mosphérique à la chaleur rouge. Dans l'analyse élémentaire, l'azote de l'ammoniaque sera donc mis en liberté, et l'hydrogène de cette base ira se réunir à l'hydrogène de la substance organique. Quant à l'acide du sel ammoniacal, s'il est inaltérable par le feu, il se reportera ou bien sur les bases des carbonates qui se forment pendant l'incinération, ou bien sur l'oxide de cuivre qu'on a introduit dans l'appareil.

Ces conséquences sont évidentes ; et si cette théorie de l'analyse élémentaire des substances dites *azotées* a échappé à tous les chimistes, c'est qu'il ne leur était jamais venu dans l'esprit que les sels ammoniacaux existassent de toutes pièces dans l'albumine non altérée [1]. Aussi n'ont-ils pas hésité à expliquer la formation de tous les produits ammoniacaux qu'on obtient soit par l'analyse, soit à la distillation, par la combinaison subite de l'azote et de l'hydrogène de la substance *animale* qu'ils considéraient comme un composé quaternaire d'azote, d'hydrogène, d'oxigène et de carbone.

442. J'ai déjà fait voir, à l'article du *gluten* (271), qu'en combinant entre eux les nombres fournis par l'analyse élémentaire des substances azotées, on retrouve l'ammoniaque de toute pièce, et que dès lors on est en droit de considérer ces substances comme une combinaison ou un mélange de la substance organique (*carbone* et *eau*) avec l'ammoniaque et l'hydrogène carboné ou avec un sel ammoniacal. Je vais appliquer ce calcul à l'analyse que Gay-Lussac et Thénard nous ont donnée de l'albumine, non pas que je regarde ces nombres comme invariables, je suis fortement persuadé, au contraire, qu'ils varieront en raison du degré de dessiccation de l'albumine, et des différentes circonstances de la manipulation ; mais c'est un simple

(1) Thénard avait été même jusqu'à attribuer l'alcalinité de l'albumine qui s'altère, à la présence du carbonate de soude dont cette substance, dit-il, renferme *une petite quantité* qui se dégage par la décomposition de l'albumine. (*Traité de chim.* 1824, tom. IV, pag. 560.)

moyen que j'emploie de réfuter la théorie par la théorie. La première colonne indique les nombres obtenus par l'analyse, la deuxième les quantités à prendre parmi ces nombres pour former le carbone, l'eau, l'ammoniaque, l'hydrogène carboné dont les proportions se voient dans la troisième.

ALBUMINE.

Carbone......	52,885......	44,450.....	44,450 carbone.
Oxigène......	25,872......	25,872.....	26,729 eau.
Hydrogène...	7,540......	2,857.....	
		5,291.....	18,996 ammoniaque.
Azote........	15,705......	15,705.....	
	Reste....	1,392 hydrog.	9,825 hydr. carboné.
		8,433 carb..	
Total....	100,000	100,000	100,000

§ 3. Action de la chaleur sur l'albumine.

443. Si l'on soumet la masse albumineuse de l'œuf à l'action de la chaleur, elle devient d'abord blanche et opaque, puis ensuite dure, cassante et diaphane ; car le retrait qu'éprouvent les deux substances par la dessiccation s'étant opéré d'une manière uniforme, elles finissent par conserver l'identité de leur pouvoir réfringent.

444. Si l'on soumet à l'action de la chaleur la substance soluble, délayée dans une faible quantité d'eau, l'eau perd sa limpidité; il s'y forme des *coagulum* analogues aux lambeaux du tissu insoluble. Mais si l'eau est en grand excès par rapport à la substance soluble, la coagulation ne s'opère qu'après l'évaporation d'une partie de l'eau.

445. Une fois coagulée par l'action de la chaleur, la substance, auparavant soluble, refuse de se redissoudre dans l'eau ; elle est devenue tissu insoluble.

446. Il n'en est pas de même, si on l'a amenée à l'état d'une complète dessiccation par le vide ; l'albumine n'en

conserve pas moins sa solubilité, de même que lorsqu'elle s'est desséchée spontanément sur une lame de verre (434). L'effet du vide ne diffère de la dessiccation spontanée qu'en permettant d'opérer sur une plus grande masse, sans l'exposer à se putréfier.

447. Il paraît donc probable que ce n'est pas au rapprochement de ses molécules, mais plutôt à l'évaporation ou à la neutralisation d'une substance quelconque que l'albumine soluble est redevable de sa solubilité.

448. En même temps il est nécessaire de déduire que toute réaction capable de produire de la chaleur coagulera l'albumine, quand même elle serait le résultat de l'emploi d'un réactif, qui, par lui-même, peut dissoudre cette substance animale.

449. L'*alcool* coagule en blanc l'albumine et la rend insoluble dans l'eau. L'alcool opère ici en soustrayant les molécules d'eau de la substance albumineuse.

§ 4. Action des bases sur l'albumine.

450. Les *dissolutions alcalines*, même les carbonates alcalins, dissolvent l'albumine, et s'opposent même à sa coagulation par le feu; mais comme la potasse et la soude produisent beaucoup de chaleur, en se saturant des parties aqueuses, elles coagulent l'albumine, si l'on n'a pas la précaution de les étendre préalablement d'eau et d'attendre le refroidissement complet.

451. Une dissolution albumineuse décompose, en se coagulant, un grand nombre de sels métalliques, et se précipite, en enveloppant dans son tissu l'oxide et une certaine quantité de sels. Orfila a eu l'idée de faire servir cette propriété à la décomposition des sels mercuriels ou cuivreux, dans les empoisonnemens.

§ 5. Action des acides sur l'albumine.

452. L'*acide sulfurique* coagule en blanc et précipite l'al-

bumine. S'il est en excès, il finit par la noircir. Mais si l'on a eu soin de dissoudre préalablement dans l'acide une certaine quantité de sucre, l'albumine se colore en purpurin d'autant plus intense que les quantités de sucre et d'acide employées sont plus grandes. Cette coloration disparaît à mesure que l'acide s'étend d'eau, et par conséquent lorsqu'on abandonne le mélange à l'humidité de l'air. Nous verrons, à l'article du sucre, de quelle importance est ce réactif dans les analyses microscopiques.

453. Mais si l'on soumet à la même épreuve l'albumine à un certain état de décomposition, c'est-à-dire quelques jours après son exposition à l'air, alors l'acide sulfurique la coagule en superbe jaune d'or. J'ai voulu reconnaître la cause de ce phénomène, et voici les résultats auxquels je suis parvenu[1]:

454. Je mélangeai avec du sel marin très pur de l'albumine fraîche de l'œuf de poule; et l'acide sulfurique concentré, versé sur le mélange, me donna un *coagulum* tout aussi jaune que dans le cas précédent, et sembla m'offrir la même odeur qui se rapportait, au moins à mon odorat, à celle du chlore.

455. Si l'on verse de l'acide sulfurique concentré sur le *coagulum* blanc albumineux produit par l'acide hydrochlorique, le *coagulum* devient d'un jaune d'or.

456. Si l'on mêle d'abord ensemble l'acide hydrochlorique et l'acide sulfurique également concentrés, il se produit une effervescence qui fait jaillir au dehors une petite pluie acide; après cette première effervescence, il se manifeste un dégagement de bulles qui partent du fond du vase; mais le liquide reste incolore. Mais dès qu'on verse ce mélange sur l'albumine fraîche, elle se coagule en jaune d'or. Si l'on place doucement la couche d'albumine à la surface du mélange incolore des deux acides, l'albumine se coagule en jaune par tous les points qui touchent la surface des

(1) *Annal. des Sc. d'obs.*, tome II, pag. 287. 1829.

acides, et en blanc par tous les points qui sont en dehors.

457. L'acide nitrique, versé sur un triple mélange d'acide hydrochlorique, de sel marin et d'albumine, ne change la couleur blanche du *coagulum* en jaune que vingt-quatre heures après.

458. Si l'on fait passer un courant de *chlore* à travers l'albumine, l'albumine se coagule en blanc à la surface, mais conserve sa couleur habituelle dans l'intérieur. Sa substance ne rougit point le tournesol. Mais dès qu'on y verse de l'acide sulfurique concentré, ce mélange se coagule en jaune d'or.

459 Un papier tournesol mouillé placé au-dessus du mélange jaune d'acide sulfurique, de sel marin et d'albumine, rougit à la longue, mais bien plus tard qu'au-dessus d'un mélange d'acide sulfurique et de sel marin.

460. La première conséquence à tirer de ces expériences est que, par l'effet de la décomposition putride (461), le sel marin que contient l'albumine de l'œuf de poule a été mis en liberté. La seconde est que l'albumine joue ici un rôle analogue à celui du *manganèse* dans l'extraction du *chlore* du sel marin par l'acide sulfurique, c'est-à-dire que, soit par l'effet des sels qu'elle renferme, soit par celui de son organisation, elle empêche le chlore de s'hydrogéner, ou elle décompose l'acide hydrochlorique à l'instant où il se dégage, en sorte que de ce triple mélange (*albumine, sel marin et acide sulfurique*) il ne se dégagerait de l'acide hydrochlorique qu'alors que celui-ci aurait échappé au contact de l'albumine, de même que dans le triple mélange de *manganèse, sel marin* et *acide sulfurique*.

461. Les *acides acétique* et *phosphorique* ne précipitent pas l'albumine; mais ce dernier la précipite, lorsqu'on s'en sert immédiatement après qu'il a été desséché par la chaleur rouge; il perd encore cette propriété lorsqu'il est resté quelque temps dissous dans l'eau.

462. Ce phénomène singulier ne proviendrait-il pas de ce que l'acide phosphorique, après avoir été soumis à l'action

de la chaleur rouge, et après avoir été ainsi dépouillé entièrement de son eau de cristallisation, aurait moins d'affinité pour l'eau qu'auparavant, refuserait plus long-temps de s'y dissoudre, que l'eau alors en contiendrait une grande quantité en suspension presque invisible, et que ces cristaux tenus en suspension s'attachant aux molécules d'albumine qu'ils y rencontreraient les coaguleraient, en leur enlevant les molécules aqueuses de leur tissu organique?

463. Le *tannin*, surtout sa dissolution alcoolique (429), précipite l'albumine et la rend insoluble et poisseuse comme du cuir trop tanné.

464. L'*iode* et le *brome* coagulent aussi l'albumine et troublent le liquide qui la contient. Il en est de même de tous les acides forts et concentrés. L'*iode* jaunit d'abord le coagulum, mais cette couleur disparaît par un plus long contact. Il se transforme en acide aux dépens de l'albumine.

465. L'*acide nitrique* la coagule en jaune.

466. Le *chlore* la coagule en blanc de neige.

467. Mais l'*acide hydrochlorique* nous offre une réaction aussi intéressante au moins que celle du *sucre sulfurique* (452). Si l'on verse de l'acide hydrochlorique concentré sur l'albumine fraîche de l'œuf de poule, la chaleur produite par ce mélange est si forte que l'albumine se coagule en beau blanc; mais bientôt, si l'acide est en excès, il dissout peu à peu l'albumine, et le liquide devient d'abord purpurin, puis violet, puis d'un superbe bleu.

468. Parmi toutes les réactions des acides sur l'albumine, il en est une extrêmement importante par les circonstances illusoires qu'elle peut prêter aux analyses en grand des substances organiques; non-seulement certains acides, tels que l'acide acétique, dissolvent l'albumine, mais encore ILS LA RENDENT SOLUBLE DANS L'ALCOOL (288) ET DANS L'EAU BOUILLANTE (283) EN DES PROPORTIONS FORTEMENT APPRÉCIABLES [1].

(1) Il ne faut pas perdre de vue non plus que l'albumine, étant un tissu or-

§ 6. Action du courant voltaïque sur l'albumine.

469. Brandes a observé qu'exposée au courant voltaïque l'albumine se coagule à l'extrémité du fil positif. Il s'en coagule aussi une petite quantité au fil négatif, et si l'on prolongeait assez long-temps l'expérience, il paraît probable que cette substance se coagulerait à une égale distance des deux fils.

470. Mais on aurait tort d'attribuer ce phénomène à une action occulte du courant voltaïque. Il existe, en effet, dans cette expérience deux causes suffisantes de coagulation: 1° la décomposition des sels que renferme l'albumine, la décomposition de l'eau et par conséquent l'oxigénation de tout ce qui entoure le fil positif où se rend l'oxigène ; 2° le développement de chaleur que l'on remarque lorsqu'on soumet des corps organisés et cellulaires à l'action de la pile, et dont une grande portion peut provenir des décompositions chimiques et des nouvelles réactions des substances inorganiques contenues dans les tissus organisés.

§ 7. Identité de la fibrine et de l'albumine insoluble.

471. La chimie ancienne, fidèle aux principes qui lui servaient de base, s'obstinait à vouloir trouver des différences entre deux substances identiques, mais obtenues de deux organes différens. La fibrine, obtenue du sang par le fouettement, avait beau se comporter avec les réactifs, de la même manière que l'albumine obtenue par la coagulation du blanc d'œuf, cela ne satisfaisait pas l'esprit de l'expérimentateur; aussi trouva-t-on que l'albumine se dissolvait moins facilement dans l'acide acétique et dans l'ammoniaque, et plus facilement dans la potasse et dans la soude; qu'elle n'agis-

ganisé, elle est loin de posséder des propriétés identiques dans toute sa substance; car les tissus sont d'autant plus cohérens qu'ils sont plus âgés (179). Aussi aura-t-on l'occasion de remarquer que l'acide acétique et l'ammoniaque ne dissolvent jamais toute la substance albumineuse.

sait pas sur l'eau oxigénée faible, tandis que la fibrine en dégage de l'oxigène.

472. Or, on ne faisait pas alors la remarque, que l'albumine et la fibrine sont loin d'être des substances pures, qu'elles renferment dans leur tissu, non-seulement les sels qui leur sont propres, mais encore les sels qu'elles peuvent emprisonner pendant la manipulation; que par conséquent ces sels et autres substances organiques variant selon la nature des organes d'où on extrait l'albumine, il était raisonnable d'attribuer à la différence de ces substances étrangères les deux différences, si légères du reste, que l'albumine et la fibrine, identiques sous tous les autres rapports, sont susceptibles d'offrir.

473. On n'avait pas cru avoir besoin de remarquer encore que les caractères accessoires de l'albumine varient avec la durée de son exposition à l'air, et sous l'influence de bien des circonstances, qu'en conséquence, à un certain âge, l'albumine se dissoudra plus facilement et plus complètement dans l'acide acétique et dans l'ammoniaque qu'à un autre; et j'oserais même avancer qu'à un certain âge elle dégagera de l'oxigène de l'eau oxigénée, tout comme le fait la fibrine.

474. Ces réflexions doivent s'appliquer, dans toute leur étendue, aux résultats que fournit l'analyse élémentaire, et à mes yeux il n'y aura rien d'étonnant que la fibrine, qui emprisonne dans ses mailles factices (332) tous les sels et les substances ammoniacales du sang, donne, par exemple, plus d'azote à l'analyse élémentaire que l'albumine de l'œuf, qui ne retient que les sels qui lui sont propres.

475. Je ne reviendrai pas ici sur la théorie des tissus azotés que j'ai expliquée en parlant du *gluten* (271) et de l'*albumine animale* (442); je me contenterai de l'appliquer à l'analyse qu'ont faite de la fibrine Gay-Lussac et Thénard. La première colonne indique les nombres obtenus par l'analyse; la deuxième les quantités à prendre dans ces nombres pour former de l'eau, de l'ammoniaque et de l'hydrogène car-

boné, dont les proportions se remarquent dans la troisième colonne :

FIBRINE.

Carbone......	53,560......	51,056.....	51,056
Oxigène......	19,685......	19,685.....	22,131 eau.
Hydrogène...	7,021......	2,446.....	
		4,196.....	24,130 ammoniaque.
Azote........	19,934......	19,934.....	
	Reste...	0,379 hydr.	2,683 hydr. carb.
		2,304 carb.	
Total...	100,000	100,000	100,000

Nous reviendrons sur la *fibrine* à l'article du sang.

§ 8. Usages de l'albumine (451).

476. On se sert principalement de l'albumine comme moyen de clarification, à cause de la propriété qu'elle a de se coaguler sous l'influence de la chaleur ou par la réaction de certaines substances, d'entraîner avec elle, en se précipitant, les impuretés du liquide, ou de les retenir sur le filtre. Ainsi la clarification se fait à froid, quand le liquide à clarifier renferme quelqu'une de ces dernières substances; tel est le vin, à cause de son acide tartrique, de son alcool, de son tannin et même des faibles quantités d'acide malique qu'il peut renfermer. On clarifie les sirops de sucre et de gomme à chaud, parce que ces deux substances sont incapables de coaguler l'albumine par elles-mêmes.

477. On se sert encore de l'albumine pour luter les vases des laboratoires, en la mélangeant avec de la chaux; pour donner un luisant aux cirages; et pour mettre les couleurs d'un tableau à l'abri du contact de l'air; c'est alors un vernis provisoire.

TROISIEME GENRE :

SUBSTANCE MEMBRANEUSE DES ORGANES ANIMAUX.

478. Lorsqu'on a épuisé, par l'eau, par l'alcool, par l'éther, par les acides et alcalis étendus, la chair musculaire, un tissu nerveux, un organe quelconque, il reste une substance blanche comme l'albumine coagulée, mais bien moins élastique, que les alcalis ou les acides concentrés désorganisent ou dépouillent, mais ne dissolvent jamais entièrement. Desséchée, cette substance prend les caractères du parchemin; elle se réduit à la forme d'une membrane d'autant plus mince que la masse était plus spongieuse et moins compacte; replongée dans l'eau, elle s'en imbibe, se gonfle de nouveau, et s'y putréfie. Dans la machine à papin, c'est-à-dire dans une marmite fermée et soumise pendant un certain espace de temps à la chaleur de l'ébullition, les molécules de cette substance se désagrégent et épaississent le liquide, par le refroidissement. A la distillation sèche, elle donne de l'huile empyreumatique, force produits ammoniacaux et un charbon volumineux, que l'on distingue dans le commerce sous le nom de *charbon animal*, et dont on fait une immense consommation pour la clarification des sirops, du sucre et pour la décoloration de certains liquides.

C'est là la substance qui, sous le RAPPORT ANATOMIQUE, joue chez les animaux le même rôle que celle qui forme le *tissu cellulaire* et *vasculaire* (167) chez les végétaux, et que je nommerai, dans le courant de cet ouvrage, *substance membraneuse, membrane* ou *substance molle des tissus animaux*. C'est elle qui forme la charpente des grands organes comme des organes microscopiques, des organes mous comme des organes solides, des muscles, des nerfs, des glandes, des os, des cartilages, des tendons et aponévroses, des poils eux-mêmes, enfin de tout ce qui, dans un être animé, jouit d'une espèce de végétation, d'un développement vital.

SOUS LE RAPPORT CHIMIQUE, elle représente chez les animaux le *gluten* des végétaux (239).

§ I. Consistance et réfrangibilité de la membrane animale.

479. En anatomie, on considère comme membrane simple celle que le scalpel ne peut plus dédoubler. Mais observée au microscope, la plus simple de ces membranes s'offre comme un tissu compliqué, et se compose évidemment de plusieurs membranes. Ainsi l'épiderme n'est qu'un amas de cellules épuisées, affaissées les unes contre les autres. La membrane de l'*amnios* du porc, qui, à l'œil nu, n'est qu'une pellicule blanche et sans organisation apparente [1], apparaît, à un grossissement de 100 diamètres seulement, comme un tissu de cellules accollées les unes contre les autres, et renfermant chacune dans leur sein une autre cellule; mais à un grossissement de mille diamètres, cette organisation devient de la plus grande évidence. On a alors sous les yeux une couche simple de cellules exactement disposées comme dans la fig. 10 de la pl. 7 qui représente le tissu adipeux de l'homme (415), c'est-à-dire que chaque cellule est entourée d'un canal vasculaire (167), et que la couche totale est par conséquent traversée par un vaste réseau de vaisseaux blancs. Chacune de ces cellules présente dans son centre, à ce grossissement, un gros noyau.

480. La membrane animale simple est la paroi d'une cellule; on peut l'observer isolément, et réduite ainsi à elle-même, sur les emboîtemens les plus internes du tissu adipeux (427), et surtout sur les grandes cellules infiltrées d'air dont se composent les poumons de la grenouille, etc.

481. A cet état de simplicité, la *substance membraneuse* est si ténue qu'elle a presque le pouvoir réfringent de l'eau et de l'alcool, et qu'elle ne se fait remarquer que par les plis que le mouvement détermine sur sa surface.

(1) *Répert. général d'anatomie*, tom. V, pl. 12, fig. 9 et 10, 1828.

482. Mais au contraire si la *substance membraneuse* se compose de plusieurs couches superposées de ces membranes, alors, quelque blanche qu'elle soit par réflexion, elle décompose la lumière par réfraction, et ne renvoie à l'œil de l'observateur que le rayon jaune, pourvu toutefois qu'elle ne renferme dans son tissu aucune matière colorante étran-

§ 2. Structure intime de la substance membraneuse.

483. Dans cet état, elle présente, dans son épaisseur, des bosselures, des granulations arrondies, de toutes les formes et de toutes les dimensions, qui s'alignent, de toutes les manières imaginables, en chapelets, en courbes, en sinuosités, mais sans aucune constance, et en laissant, entre toutes ces figures informes, des lames vides de granulations. Ces circonstances se présentent avec d'autant plus de variété, que la membrane est plus sèche; mais une seule goutte d'eau suffit, au bout de quelques instans, pour en faire disparaître un grand nombre, qui viennent souvent se résoudre, en voyageant sous la membrane, en une bulle d'air.

484. Ce sont là les causes d'illusion qui ont fourni matière à des travaux assez volumineux sur la structure intime des tissus de nature animale. D'après les auteurs de ces Mémoires [1], les *membranes animales seraient composées, en dernière analyse, de globules égaux en diamètre et disposés bout à bout en fibres élémentaires, lesquelles se feutreraient, en laissant entre elles des interstices qui permettraient de voir la couche inférieure*. Ces idées étaient appuyées sur des figures si nombreuses et d'une exécution si précise [2], qu'une réfutation de l'opinion ne pouvait être qu'un démenti formel

(1) *Sur la structure intime des tissus de nature animale. Répert. général d'anatomie*, tome IV. 1827.

(2) Voyez, outre les travaux de Ev. Home et Bauer, Prévost et Dumas, celui de Milne-Edwards, inséré dans le *Répert. général d'anatomie*, tome III, p. 47. C'est une thèse inaugurale.

donné aux figures; et pourtant il a bien fallu donner un démenti à ces figures, et finir par les ranger dans la classe des produits de l'imagination observant sous l'influence d'une idée préconçue. La nature en effet n'offre jamais rien qui ait constamment la moindre analogie avec ces figures.

485. Les auteurs de ce système n'avaient jamais remarqué que les substances soumises à leurs observations, au lieu de représenter une membrane réduite à elle-même, n'étaient que des couches superposées de membranes, de cellules, de vaisseaux, dont le tissu, distendu par des substances hétérogènes ou infiltré d'air, était susceptible (par les phénomènes d'évaporation, de capillarité, de dessiccation, de réfraction, etc.) de présenter à l'œil des globules illusoires. La nature des menstrues dans lesquels on a pu conserver les substances animales, telles que l'huile de térébenthine, l'alcool, etc., sont dans le cas d'ajouter encore à cette illusion, en laissant déposer, par leur évaporation (294), des globules de substances grasses, qui semblent affecter le même diamètre et se ranger quelquefois en séries de trois à quatre. On en voit un exemple sur la pl. 8, fig. 2, 6, 8, qui représentent les fibrilles très jeunes du chorion humain, après un séjour assez court dans l'alcool. Mais en même temps, on peut remarquer que non-seulement ces petites granulations précipitées n'affectent ni la même forme ni le même diamètre, mais même qu'elles ne sont pas contiguës et rangées bout à bout, et qu'enfin elles laissent entre elles des espaces intermédiaires qui n'offrent pas la moindre trace de granulations.

486. Au reste, toutes les fois qu'on a sous les yeux la paroi d'une cellule simple, à l'état frais, il est impossible, à quelque grossissement que ce soit, d'y découvrir la moindre structure; et quoique l'analogie me porte à admettre que ces membranes, si simples en apparence, sont composées de globules primitifs, rangés en spirale autour de l'axe

idéal de la cellule, cependant il n'en est pas moins juste de déclarer que nos moyens d'observation seront tout aussi impuissans, pour nous faire aborder l'atome organique, que l'atome des substances inorganiques.

487. Pour corroborer l'opinion de Dumas et Edwards, Dutrochet[1] a invoqué les phénomènes physiques que présente l'albumine, lorsqu'on la soumet au courant voltaïque (469). Là il aurait vu les globules tantôt fusiformes, tantôt sphériques, selon que les ondes électriques qui les enfantent, en se rencontrant, seraient plus serrées ou plus espacées; il aurait vu, dis-je, ces globules s'ajouter bout à bout, pour former des *fibres contractiles*, et par conséquent des fibres musculaires. Malheureusement toutes ces belles créations sont encore dans les fables; et l'imagination de l'auteur a brodé à sa manière un phénomène brut de *coagulation* (444). Les globules qu'il a décrits avec tant de précision ne sont alors que des jeux de la lumière déviée par des bosselures, des enflures de la surface coagulée plus ou moins violemment. C'est ce qui résulte pour nous, non pas seulement de l'application inexorable des principes de réfraction de ces corps, mais encore de la répétition fidèle que nous avons faite des expériences de Dutrochet; les résultats que nous avons obtenus ont été tels, que nous ne pouvons nous dispenser de taxer de rêveries les assertions de l'auteur.

488. Les membranes de tous les organes animaux, même des plus disparates par leurs fonctions, sont donc d'une homogénéité désespérante pour la physiologie, l'anatomie et la chimie microscopique. Cependant elles peuvent se prêter à des formes capables de fournir des caractères secondaires pour distinguer les différens organes. Nous allons, sous ce rapport, en étudier succinctement quelques-uns, dans les paragraphes qui suivent.

(1) Voyez l'analyse de son travail dans le *Lycée*, n° du 24 nov. 1831.

PREMIÈRE ESPÈCE : TISSU MUSCULAIRE.

489. Un *muscle* est un organe plus ou moins charnu, dont les contractions spontanées ou provoquées par la volonté, servent à rapprocher, à fléchir, à mouvoir enfin les diverses parties de l'animal.

L'anatomie nous apprend que, dans une masse musculaire, pénètrent, par des ramifications subdivisées à l'infini, les nerfs, et, par des anastomoses aussi multipliées, les vaisseaux sanguins. Aussi voit-on les muscles varier de couleur, selon les classes d'animaux : rouges dans les mammifères, ils sont blancs chez les poissons et les insectes.

§ 1. Structure intime de l'organe musculaire.

490. Mais la remarque la plus importante à laquelle leur dissection amène, et que les anatomistes n'ont jamais faite, à cause du point de vue où toutes les études précédentes avaient placé l'observateur, c'est qu'un muscle quelconque se compose, comme je l'ai déjà fait remarquer à l'égard du tissu adipeux (424) et de tous les organes végétaux en général, se compose, dis-je, d'emboîtemens cellulaires presque à l'infini. La seule différence que présentent les organes musculaires, c'est que ces emboîtemens, au lieu de se rapprocher de la forme sphéroïdale, sont tous étirés en longueur dans le sens de leur insertion aux parties que le muscle sert à mouvoir; c'est enfin qu'au lieu de revêtir plus ou moins grossièrement la forme de la cellule, ils se rapprochent de celle du cylindre. A part cette différence accidentelle, on reconnaît que tout muscle, ainsi que les organes dont nous avons déjà parlé, est enveloppé d'une gaîne extérieure qui durcit et blanchit le plus souvent (*aponévrose*), en arrivant vers les extrémités, et qui finit par se changer en un cordon compact et d'une blancheur écla-

tante (*tendon*), pour s'attacher au périoste, c'est-à-dire à la surface externe de l'os. Cette enveloppe externe renferme d'autres grandes masses contiguës qui se composent, à leur tour, d'une enveloppe propre à chacune d'elles, sous laquelle se trouvent de nouvelles masses musculaires, et ainsi de suite jusqu'au point où la substance musculaire est réduite à un état de division tel qu'on puisse l'observer au microscope.

491. Amené à cet état de division, le muscle ne présente plus qu'un faisceau de cylindres agglutinés intimement les uns aux autres, et disposés en spirales très lâches autour de l'axe idéal du faisceau (pl. 8, fig. 15). Chacun de ces cylindres est plein d'une substance non miscible entièrement à l'eau froide; et, dans l'intérieur, on aperçoit çà et là des globules isolés et disposés irrégulièrement contre la surface interne du cylindre. Ces cylindres qui, dans le bœuf, atteignent environ $\frac{1}{20}$ de millimètre, paraissent légèrement colorés en purpurin. La gaîne qui enveloppe ce faisceau primitif est tout aussi lisse que la paroi de chacun des cylindres qui le composent.

492. On ne pourrait se rendre compte de l'action musculaire, si l'on ne considérait pas chacun de ces cylindres comme un tube aboutissant, par chacune de ses extrémités, à chacune des extrémités de la masse totale du faisceau musculaire, comme une cellule allongée enfin. Si les fragmens qu'on en obtient semblent offrir des imperforations à l'extrémité que le déchirement a rendue libre, cela vient uniquement de la soudure spontanée des bords déchirés, soudure dont nous avons expliqué le mécanisme en parlant du *gluten* (255).

493. C'est par le même phénomène que, lorsque le déchirement des parois a lieu dans le sens de la longueur des cylindres, chacun d'eux semble se subdiviser en tout autant de tubes que le déchirement a produit de lanières. Le seul effort de traction dans le sens de la longueur suffit pour

rapprocher et souder les bords dans le sens de la largeur, pour produire de nouveaux tubes factices. Aussi faut-il user d'une certaine précaution, afin que rien d'artificiel ne se glisse dans l'observation.

§ 2. Mécanisme de la contraction musculaire.

494. Des physiologistes d'une époque déjà ancienne ont soutenu que les muscles se contractent par les zig-zag que décrirait, d'après eux, la fibre musculaire. Dans ces derniers temps, Prévost et Dumas ont reproduit cette opinion, en l'appuyant sur une observation électro-microscopique. Ces deux auteurs, ayant placé, au foyer du microscope, une lame de tissu musculaire, et l'ayant soumise en même temps à l'influence de la pile, annoncèrent avoir vu chaque filet musculaire se plier en zig-zag et décrire des angles dont le sommet aboutissait à la terminaison du filet nerveux.

Cette observation est appuyée d'une figure très bien dessinée [1].

495. Mais, 1° il est difficile de concevoir comment des filets élastiques pourraient se prêter à décrire des lignes aussi bien brisées que les ont figurées les auteurs de ce travail.

2° Ils auraient dû en même temps nous apprendre à distinguer les uns des autres les filets musculaires des dernières fibrilles du système nerveux. Une fois que les nerfs finissent par s'approcher du calibre des cylindres élémentaires d'un muscle, je déclare qu'il me serait impossible à moi de distinguer, au microscope, ce qui appartient au nerf de ce qui appartient au muscle. Les anatomistes savent très bien qu'en poursuivant, à la loupe, les nerfs jusqu'à leurs dernières ramifications, il leur deviendrait bien difficile de se prononcer sur la nature du tissu qu'ils observent.

(1) *Annal. des Sc. naturelles.* 1824.

Que serait-ce au microscope, où le plus souvent l'œil seul est invoqué en témoignage, et où le scalpel ne peut plus rien poursuivre et plus rien démêler?

3° Alors même que les auteurs auraient aperçu quelque chose d'analogue aux figures dont ils ont accompagné leurs descriptions, cette expérience ne prouverait nullement ce qu'ils avancent. La lame musculaire en effet s'applique nécessairement par plusieurs points sur la surface du porte-objet; or, si l'on détermine un tiraillement par un de ses bouts, soit mécaniquement, soit en excitant la fibre nerveuse par le courant voltaïque, ce tiraillement seul suffira, à cause des résistances des points adhérens à la surface du porte-objet, pour déterminer des mouvemens sinueux, que le dessin rendra ensuite plus ou moins réguliers et plus ou moins anguleux. Le résultat de cette observation est donc tout artificiel, et ne peut nullement être considéré comme représentant ce qui se passe dans la nature.

496. La seule manière rationnelle de constater le mécanisme de la contraction musculaire, c'est évidemment d'observer le muscle se contractant sous l'influence vitale. Or, les occasions de procéder à cette observation ne manquent pas de se présenter quand on se livre à l'étude des animaux inférieurs de l'échelle systématique. Combien de fois n'ai-je pas examiné attentivement la contraction musculaire du pied des Anodontes, des Gastéropodes, etc.! Eh bien! je puis ici certifier que jamais la fibre musculaire ne m'a rien offert d'analogue aux figures des auteurs que je réfute. La contraction n'avait lieu qu'au moyen du raccourcissement de la fibre; et le raccourcissement de la fibre s'opérait par son extension en largeur, ce qui occasionnait de petits renflemens sur toute l'étendue de la fibre.

497. La même observation peut se faire, avec un égal succès, sur le Rotifère, infusoire qui, dans le principe, a donné lieu à tant de fables. Il est vrai que mon assertion aura l'air d'un paradoxe aux yeux des physiologistes; car ils

prétendent que ces animaux microscopiques ne possèdent rien d'analogue aux muscles et aux nerfs. Les physiologistes auraient dû simplement avancer que nos moyens d'observation ne nous permettent pas de distinguer les différens muscles de ces animaux, avec la même facilité que nous distinguons le trapèze, le deltoïde, le grand dentelé de l'homme. Mais nier l'existence de muscles chez les animaux qui fléchissent, étendent, raccourcissent leur corps, nier des nerfs chez des animaux que l'on épouvante, dont on arrête les mouvemens par une secousse, c'est vouloir ravir à l'histoire naturelle ce qui en fait la base la plus solide, je veux dire l'analogie. Mais ce n'est pas par l'analogie, c'est par l'observation directe que l'on constate l'existence du système musculaire, et en même temps le mécanisme de ses contractions chez le rotifère. Il suffit de diminuer un peu l'intensité de la lumière. Or, toutes les fois que l'animal rentre en lui-même, effrayé par la moindre secousse du porte-objet, ou que rassuré il se développe dans le liquide, on voit les cylindres musculaires qui sillonnent son corps de la tête à la queue, grossir en se raccourcissant ou s'amincir en s'alongeant; et ce mécanisme est tellement saisissable qu'on ne conserve plus de doute à cet égard.

§ 3. Caractères chimiques du muscle.

498. Les parois des cylindres musculaires dont nous avons déjà parlé, une fois dépouillées de toutes les substances qu'elles renferment, possèdent tous les caractères de l'albumine coagulée, ou, comme l'on dit en chimie, de la fibrine (471). Seulement ils ne se dissolvent jamais en entier dans les menstrues acides ou alcalins qui dissolvent la fibrine. Car ici on n'a pas à traiter un coagulum informe, mais un tissu dont les molécules se sont rapprochées sous l'influence de la vitalité.

499. L'eau bouillante les rend plus consistans, ainsi que l'alcool et tous les réactifs qui coagulent l'albumine.

500. Jusqu'à présent on ne s'est occupé que de constater en grand le nombre et la nature des substances que l'eau froide et l'eau bouillante peuvent enlever à une masse musculaire. On a trouvé qu'un muscle se composait de *fibrine*, d'*albumine*, de *matière extractive*, de *graisse*, de *substances capables de passer à l'état de gélatine*, d'*acide lactique*, et de *différens sels*. Je ne m'occuperai pas ici de la nature de ces substances organisatrices. Je ferai seulement remarquer que le muscle réunissant, dans l'ensemble de son organisation, les cylindres musculaires, des vaisseaux sanguins, des vaisseaux lymphatiques très nombreux, des nerfs plus nombreux encore, du tissu cellulaire plus ou moins adipeux, il en résulte que la chimie en grand a dû confondre, dans le même résultat, les substances organisatrices qui sont spéciales à chacun de ces divers systèmes d'organes, et s'exposer encore, en cette circonstance, à prendre des mélanges pour des produits *suigeneris*. L'analyse de la substance musculaire reste donc à faire; et pour y procéder d'une manière rigoureuse, il est indispensable d'opérer sur le cylindre musculaire lui-même, isolé de tous les organes hétérogènes qui s'associent anatomiquement à lui; il faut encore ici transporter le laboratoire sur le porte-objet.

501. J'ai eu déjà l'occasion de faire remarquer les effets singuliers que des ébullitions successives produisent sur la fécule, en la transformant en *acide caséique* le mieux prononcé (41); Berthollet de son côté avait signalé un phénomène analogue à l'égard de la substance musculaire. D'après lui, si, après chaque ébullition, on a soin de tenir la chair exposée au-dessus de l'eau dans une certaine quantité d'air, la chair s'altère, l'air se charge de gaz acide carbonique et d'une odeur infecte; mais ces phénomènes perdent peu à peu de leur intensité, et la chair finit par prendre l'odeur et la saveur du vieux fromage.

502. Le résultat le plus curieux auquel ait donné lieu l'étude en grand de la substance musculaire, serait sans contredit celui qu'a obtenu Braconnot, si l'auteur avait eu la précaution de soumettre le produit à la contre-épreuve d'une analyse rigoureuse. L'auteur divise la chair, la lave, l'exprime dans une toile, et la broie avec une quantité égale d'acide sulfurique concentré. La chair s'y ramollit et s'y dissout presqu'en entier sans dégagement de gaz sulfureux. On chauffe doucement et on enlève, après le refroidissement, une couche de graisse qui s'est réunie à la surface. On étend d'eau, et on fait bouillir le tout pendant neuf heures; en ayant soin de remplacer l'eau à mesure qu'elle se vaporise; on sature par la craie, l'on filtre et on évapore. L'extrait a une saveur marquée de bouillon et n'est point sucré; mais, remarquez bien, LA POTASSE EN DÉGAGE L'AMMONIAQUE; il se dissout en partie dans l'alcool bouillant qui, par le refroidissement, laisse déposer une matière blanche, que l'auteur a désignée comme substance immédiate, sous le nom de *leucine*.

503. Pour l'obtenir pure, il la redissout dans l'eau, précipite une matière animale par l'infusion de tannin, évapore convenablement.

504. Les propriétés de cette substance seraient, d'après Braconnot, d'avoir une saveur agréable de jus de viande ou de bouillon, de fondre à un degré bien inférieur à 100, de répandre alors une odeur de viande grillée; DE SE SUBLIMER EN PARTIE SOUS FORME DE PETITS CRISTAUX BLANCS, GRENUS, OPAQUES, et de se décomposer ensuite en huile, ammoniaque, etc. Sa dissolution dans l'eau n'est troublée que par le nitrate de mercure.

505. Enfin, en traitant la LEUCINE par de l'acide nitrique, et évaporant, l'auteur pense avoir obtenu un second produit acide qu'il nomme acide *nitro-leucique*.

506. Mais je ne vois, dans aucune des circonstances de ce travail, rien qui puisse autoriser rationnellement à con-

sidérer ces deux produits autrement que comme des mélanges, dont il reste à déterminer les élémens par de nouvelles recherches. L'acide *nitro-leucique* n'est évidemment qu'un mélange d'acide nitrique et de la *leucine*. Mais quant à la leucine, je n'y vois qu'un mélange d'huile et même d'albumine rendue soluble par la présence d'un acide, puis enfin d'un sulfite d'ammoniaque qui SE SUBLIME à la distillation. C'est ce qu'il eût fallu réfuter, avant de léguer deux nouveaux noms à la science.

DEUXIÈME ESPÈCE : TISSEU NERVEUX.

507. Le système nerveux se compose essentiellement d'une masse principale, où arrivent toutes les sensations perçues à la surface extérieure de l'individu ou sur les différentes surfaces de ses organes internes, pour s'y COMBINER en idées et en volontés, qui viennent à leur tour réagir sur la fibre musculaire et en déterminer les contractions.

508. Le centre nerveux élabore la pensée, comme le *foie* élabore la *bile*, comme les organes mâles élaborent la fécondation ; et cette élaboration a lieu au DÉTRIMENT DE SA PROPRE SUBSTANCE ; car la méditation le fatigue et l'épuise même, comme l'excès d'activité épuise les autres glandes.

509. Le système nerveux, ramené à sa plus simple expression, se réduit donc à une masse centrale d'où partent des filets qui se bifurquent à l'infini, pour atteindre, de leurs ramifications innombrables, tous les points où il y a une sensation à percevoir ou un organe à exciter. L'anatomie comparée nous fait connaître ensuite toutes les modifications que revêt ce type primitif, depuis le système si simple des mollusques jusqu'à celui des mammifères, et enfin jusqu'à celui de l'homme, chez lequel l'organe de la pensée semble être arrivé au *summum* de son développement.

§ 1. Structure intime des nerfs.

510. Les filets nerveux sont des cordons d'une blancheur éclatante, parce que peu de vaisseaux s'introduisent à travers leur enveloppe ou dans leur tissu. Ils s'amoindrissent, en se bifurquant, jusqu'à n'avoir plus à l'œil nu que le diamètre d'un poil.

511. Quelques anatomistes anciens, et, dans ces derniers temps, Bogros, avaient cru constater que les nerfs étaient canaliculés, à l'instar des vaisseaux[1]. Ce dernier auteur avait appuyé son opinion sur une multitude de préparations, que nous avons eues entre les mains, et dont quelques-unes, il faut l'avouer, étaient bien propres à faire adopter ce système aux anatomistes qui, dans ces sortes de recherches, n'auraient voulu avoir recours qu'aux injections étudiées à l'œil nu, ou aux dissections grossières du scalpel.

512. Cependant, même en se bornant à ces deux espèces d'investigation, on opposait à Bogros que les nerfs ne peuvent jamais être injectés vers leur origine, que l'injection ne réussit que là où le nerf est pourvu d'un névrilème fibreux, et que, par conséquent, le mercure injecté, bien loin de se glisser dans la longueur d'un canal central, ne faisait que courir, à l'insu de l'anatomiste, entre le cordon nerveux et son névrilème; ou bien dans les vaisseaux qui se rencontrent, ainsi que nous le verrons plus bas, dans les interstices des divers cordons d'un nerf. Mais on aurait pu répondre à cette objection que l'injection n'arrivait pas sous une forme régulière à la racine des nerfs, parce que là les parois du canal étaient trop peu consistantes, et cédaient trop facilement aux efforts du mercure; du reste, nous avons eu de petits filets injectés par Bogros; vus, même au microscope, il devenait incontestable que le mercure s'était formé un passage dans le centre de la sub-

(1) Voyez *Répert. général d'anatomie*, tome IV.

stance nerveuse. Mais cette circonstance ne militait pas plus en faveur de l'opinion de Bogros, que les objections de ses adversaires ne militaient contre elle. Car est-il nécessaire de supposer l'existence d'un canal organisé partout où le mercure se fait jour? Ne sait-on pas que, par sa propre pesanteur, il peut traverser des membranes assez fortes? Or, ici l'injection se faisait sous le poids de deux atmosphères. Il fallait donc recourir de part et d'autre à d'autres procédés; et c'est ce que nous avons fait avec assez de persévérance et de succès.

513. J'ai exposé à une dessiccation spontanée, sur une lame vernie ou sur une lame de verre, de gros nerfs, tels que le médian du bras de l'homme et des ramifications du grand sympathique; et, à l'aide d'une lame de rasoir, j'ai obtenu des tranches dont l'épaisseur dépassait à peine $\frac{1}{10}$ de millimètre, et en assez grand nombre pour qu'en les plaçant à la suite les unes des autres, à l'instant même où je les obtenais, il me fût possible de me faire une idée exacte de la marche que chaque tronc nerveux suivait dans la substance du cordon nerveux. Or, dans le cas où un tronc nerveux eût été organiquement canaliculé, il est évident que ce canal eût offert, par la coupe transversale d'une lame aussi mince, une configuration susceptible d'être saisie au moyen des verres grossissans. On aurait pu objecter que ce canal, par ce procédé, pouvait échapper à l'observation, ses parois s'étant agglutinées par la dessiccation. Mais, même dans cette dernière hypothèse, on eût toujours trouvé des traces de cet organe; une ligne plus noire en eût marqué la place. D'un autre côté, toutes les fois que la dessiccation n'a pas été accompagnée d'un commencement de décompotion, les tissus desséchés n'ont besoin que d'être humectés d'une goutte d'eau, pour reprendre leurs premières dimensions et leurs premières formes.

514. Or, en humectant les tranches obtenues au moyen du rasoir, il n'est plus permis, à celui qui les observe au mi-

croscope, de penser que le moindre canal existe dans l'intérieur des troncs nerveux ; leur structure se présente avec une homogénéité parfaite et sans la moindre solution de continuité. L'action de l'alcool et celle de l'acide nitrique ne dément nullement cette pensée; et pourtant, par suite du retrait que ces réactifs opèrent, le canal supposé devrait se rouvrir. Enfin j'ai tiraillé en tous sens le tissu observé, sans jamais pouvoir rendre béante la moindre ouverture; et la traction était assez forte pour détacher les cordons nerveux des tissus membraneux qui les enveloppent.

515. La planche 9 représente, dans ses modifications accessoires, la structure intime des nerfs au grossissement de 100 diamètres. La figure 3 offre une tranche d'une fibrille nerveuse du grand sympathique; cette fibrille se compose d'un seul cordon entouré de la membrane qu'on est convenu d'appeler névrilème. La figure 4 offre une des nombreuses tranches du nerf médian du bras, que j'ai observées et dessinées avec le plus grand soin. Ce nerf se compose, comme on le voit, de plusieurs troncs (*c*) séparés entre eux par un tissu cellulaire lâche (*b*) qui sert à chacun d'eux de *névrilème*, le tout enveloppé dans un *névrilème* commun (*d*); on remarque un vaisseau (*a*) qui s'est insinué dans le tissu cellulaire. Plus on s'éloigne de l'origine du nerf médian, et plus le nombre de ces troncs nerveux augmente; car, dans l'intérieur du névrilème commun, ils se bifurquent, tout aussi bien qu'au sortir de cette gaîne[1]. La figure 4 appartient à un ganglion du grand sympathique. Ici les divers troncs nerveux (*c*), qu'enveloppe un névrilème commun (*d*), semblent s'emboîter à demi les uns dans les autres; de nombreux vaisseaux sanguins (*a*) s'anastomosent dans le tissu cellulaire commun; mais aucun d'eux ne pénètre ja-

(1) Le nerf optique du bœuf, qui atteint 8 millimètres de diamètre, renferme une prodigieuse quantité de ces troncs nerveux enveloppés par un névrilème commun épais et purpurin.

mais dans la substance même du tronc nerveux ; ils ne se glissent jamais que dans les interstices cellulaires qui les séparent entre eux (*b*). J'ai dû dessiner ces tranches telles qu'elles se présentaient à moi au microscope, afin de ne rien laisser à l'arbitraire de l'imagination ; mais on doit observer que leurs contours sont ici déformés par la dessiccation ; à l'état naturel ils n'affectent jamais ces formes anguleuses, chaque cordon nerveux conservant la forme plus ou moins cylindroïde d'où leur est venue leur dénomination.

Il résulte évidemment, de toutes ces observations, que les nerfs sont imperforés, et que les canaux, par lesquels circule le fluide qui alimente la pensée et détermine la volonté, ne sont pas abordables à nos moyens, même les plus délicats, de dissection.

516. Nous venons de reconnaître l'aspect que présente au microscope une tranche transversale de nerf ; il nous reste à étudier sa structure en longueur. On serait tenté de considérer toutes ces granulations arrondies, dont se composent les troncs nerveux des figures 2, 3, 4 de la planche 9, comme les orifices de tout autant de tubes, qui seraient alors d'une petitesse extrême ; mais cette configuration pourrait bien n'être qu'un effet de la réfraction de la lumière vive et même solaire avec laquelle j'éclairais l'objet pour mieux le dessiner ; car, observés de cette manière, tous les tissus organiques se montrent également granulés. Le moyen suivant conduit, sous ce rapport, à un résultat plus positif. On serre d'une main un tronc nerveux simple (*c*, fig. 2), et de l'autre on pince avec la lame du scalpel, les bords de la section de ce tronc et l'on tire à soi ; on obtient ainsi des lames qui, placées au foyer du microscope, présentent une agrégation de tubes (*bb*, fig. 1) soudés entre eux côte à côte, et enveloppés de la membrane (*a*) dont nous avons déjà parlé. Chacun de ces cylindres affecte chez l'homme environ $\frac{1}{25}$ de millimètre en largeur, et se rapproche ainsi par son diamètre des cylindres musculaires. On remarque encore

que ces cylindres sont pleins d'une substance dont le pouvoir réfringent ne diffère pas de celui de ses parois.

517. On acquiert la conviction, en déchirant le tissu nerveux, que les lames de tissu qu'on obtient sont toutes prises dans le sens de la circonférence, et non dans celui du rayon. On peut donc se représenter chaque cordon simple du système nerveux comme une somme d'emboîtemens concentriques qui se terminent en cône, vu que les emboîtemens plus internes sont toujours plus courts que les externes; je ne saurais donc mieux comparer le développement des ramifications nerveuses, qu'à celui du système radiculaire et du tronc des végétaux (177).

518. Nous reproduirons, à l'égard des nerfs, l'observation essentielle que nous avons provoquée à l'égard des muscles (497); c'est que le nerf, ramené par la pensée à sa plus simple expression, peut se trouver réduit à un simple cylindre (pl. 9, fig. 1, *bb*), qui, plongé dans un tissu d'une égale transparence, ne s'en distinguera plus au microscope. C'est donc sans aucune espèce de raison logique, que les physiologistes ont considéré unanimement les infusoires qui sentent, se meuvent, s'effraient et s'enfuient, comme privés de sytème nerveux.

§ 2. Organisation de la masse cérébrale.

519. L'organisation que je viens de décrire est affectée spécialement aux cordons qui tirent leur origine de l'encéphale, y compris même le grand cordon rachidien qui n'est, comme tous les autres, qu'une réunion de troncs nerveux se ramifiant et se détachant ensuite, de distance en distance, pour se distribuer dans tous les membres qui dérivent plus spécialement du tronc.

520. Mais il n'en est pas de même de l'encéphale, c'est-à-dire de la masse que notre sens intime, que tous nos gestes automatiques indiquent comme la masse pensante, comme le laboratoire des perceptions, et qui, chez les vertébrés du

moins, se trouve protégée par une enveloppe osseuse particulière, que l'on nomme *boîte crânienne*. La substance dont cet organe sacré se compose est tellement pultacée, et tellement homogène, qu'il est bien difficile d'en représenter graphiquement l'organisation. Cependant son organisation est incontestable. Car si les grands lobes qui la divisent n'étaient que de grandes vésicules distendues par une substance inorganisée, il s'ensuivrait que, par un mouvement de bascule, on pourrait ramener en bas ce qui était en haut, et confondre successivement toutes les molécules; il s'ensuivrait encore que la surface des lobes n'offrirait d'autre inégalité, d'autres bosselures que celles que l'application des surfaces étrangères y détermineraient, qu'enfin ces bosselures ne seraient que des empreintes qui s'effaceraient d'elles-mêmes, une fois que l'organe serait soustrait au contact des corps voisins. Or on observe invariablement tout le contraire. Car on a beau renverser dans tous les sens la masse cérébrale, on ne parvient jamais à déplacer, à mêler ensemble la substance grise et la substance médullaire des lobes cérébraux; on a beau l'abandonner à la tension des substances qu'ils renferment, loin du contact des parois du crâne, on n'efface jamais ces élégantes circonvolutions qu'on remarque à sa surface; du reste ces circonvolutions affectent des directions et des nombres presque constans, chez quelque individu qu'on les observe; et les parois internes du crâne n'offrent pas la moindre empreinte capable de déterminer, sur un organe mou, de semblables configurations. Ceci est encore plus évident sur le lobe du cervelet, où les stries extérieures correspondent à tout autant de couches, qu'on parvient presque à isoler complètement les unes des autres.

521. Les circonvolutions qu'on observe à la surface des lobes cérébraux indiquent donc la partie saillante de tout autant de cellules, qui à leur tour peuvent être composées de cellules nées dans le sein des unes et des autres (176, 490) à

l'infini; en sorte que, si chacune de ces grandes cellules cérébrales était séparée par un tissu cellulaire assez lâche pour être transparent, on obtiendrait, par des tranches transversales, la configuration des troncs nerveux qui s'enveloppent à demi dans l'intérieur d'un ganglion (pl. 9, fig. 4) (515). Seulement ici chacune de ces grandes cellules cérébrales doit partir d'un centre commun d'organisation, et elles ne doivent point être des rameaux détachés çà et là d'un tronc principal. Car aucune d'elles n'est destinée à recueillir, comme le font les extrémités nerveuses, les impressions du dehors; elles n'ont d'autre destination que de les élaborer.

522. Il serait absurde de penser que ces grandes cellules cérébrales fussent une superfétation, un inutile accessoire de l'organe de la pensée; que la nature, qui s'est montrée si avare d'inutilités dans les organes les plus indifférens à la vie, eût chargé d'un inutile fardeau le foyer subtil de l'imagination et de la volonté. Si ces masses ne concouraient pas à la création de la pensée, elles l'étoufferaient; leur compression nous rendrait stupides.

523. Ces déductions, qui me semblent offrir toutes les conditions du syllogisme, me forcent d'adopter l'idée-mère de Gall, et de considérer avec lui la masse cérébrale comme une réunion d'organes divers de sympathies ou d'antipathies, en sorte que les caractères individuels résultent de la prédominance de l'un d'entre eux sur tous les autres. Cette idée sera féconde en résultats un jour; mais il faut se montrer très réservé quant aux applications, qu'on est toujours tenté de faire à la hâte. Je ne pense pas que des protubérances extérieures de la boîte osseuse soient un indice certain de la prédominance de l'un ou l'autre des organes internes: car leur développement peut s'effectuer en largeur et non en longueur, et rien alors n'indiquera leurs dimensions. Je ne crois pas non plus que l'étendue du génie soit en proportion avec le volume de la masse cérébrale; je serais plutôt porté à croire que le volume extraor-

dinaire de cette masse est un indice d'un surcroît d'ambition et de despotisme, ou d'une volonté inébranlable. Cuvier, qui avait une mémoire prodigieuse, mais non du génie, possédait un cerveau extraordinaire; Fourier, dont le génie évalua la chaleur du globe, avait la boîte cranienne d'une jeune fille [1]; Cuvier était un ambitieux, Fourier était modeste.

524. Par la manière dont je conçois l'organisation du cerveau, organisation cellulaire et non lamellaire, il pourra exister chez un individu une prédominance d'organe, sans qu'il en paraisse à l'extérieur aucun indice; il suffira, pour que le cas se présente, que son développement ait eu lieu en largeur au détriment des organes voisins.

525. Mais les parois de ces cellules cérébrales (520) sont si minces et si peu consistantes, elles s'agglutinent tellement les unes contre les autres, il existe si peu entre elles de solutions vasculaires de continuité (175), que l'œil ne peut en saisir les limites et l'existence, au moyen des procédés de dissection qui sont aujourd'hui à notre disposition. L'analyse chimique en retrouve les débris sous forme de fibrine et d'albumine (471).

§ 3. Composition chimique de la substance cérébrale.

526. La seule analyse que nous possédions du cerveau de l'homme est due à Vauquelin. L'auteur a trouvé que cet organe se composait de : 80,0 d'eau; 4,50 de matière grasse blanche; 0,7 de matière grasse rouge; 7,0 d'albumine; 1,1 d'osmazôme; 1,5 de phosphore; 5,15 d'un mélange de sel marin, de soufre, de phosphate, de potasse, de chaux et de magnésie.

527. Mais le résultat de cette analyse qui, par rapport à celle de John sur le cerveau du veau et du cerf, paraît une analyse-modèle, ne doit pourtant être considéré que comme un produit informe de nos anciennes méthodes; et

(1) Ce crâne existe entre les mains de mon ami Pinel Grandchamp, docteur-médecin.

l'analyse du premier organe de l'être animé est encore à faire; mais c'est d'après d'autres erremens qu'il faudra y procéder.

528. Qu'est-ce en effet que cette matière grasse rouge, par rapport à la matière grasse blanche? N'y a-t-il pas, dans la première, altération et mélange? Il suffit de lire l'analyse pour être en droit de le soupçonner. En effet la matière grasse blanche s'obtient, par précipitation, de l'alcool à 36°, dans lequel on a fait bouillir à plusieurs reprises le cinquième de son volume de substance cérébrale. La matière grasse rouge au contraire s'obtient, en évaporant, presqu'en consistance de bouillie, la solution alcoolique, lavant avec de l'eau pour enlever l'osmazôme. Ces deux matières grasses ne diffèrent que par leur coloration. Je renvoie sur ce sujet à ce que je dirai à l'article des huiles et graisses.

529. Je ne m'occuperai de l'osmazôme qu'en parlant des substances organisatrices.

530. Mais je m'arrêterai plus spécialement sur le phosphore que Vauquelin regardait comme existant à l'état libre, dans le cerveau. En calcinant l'une et l'autre matière grasse, il se forme un acide que l'on reconnaît pour de l'acide phosphorique; c'est cet acide qui, en revêtant toutes les particules de la substance charbonnée, s'oppose à sa complète incinération, si l'on n'a soin de laver de temps en temps le charbon. Or, Vauquelin concluait que le phosphore n'existait, dans le cerveau, ni à l'état d'acide libre, ni à l'état de phosphate d'ammoniaque, de ce que 1° avant leur incinération ces substances ne rougissent pas le tournesol, et de ce qu'une solution chaude de potasse n'en dégage pas de l'ammoniaque. — La première raison est péremptoire; mais il n'en est pas de même de la seconde. Car nous avons vu que la potasse caustique agit à chaud sur les substances organiques, en se combinant avec les produits de leur décomposition (303). Or, si la substance organique se trouve

mélangée, à l'état de magma, ou bien combinée avec un phosphate d'ammoniaque, il arrivera sans aucun doute que la potasse ne dégagera plus l'ammoniaque du phosphate, comme elle l'aurait fait, si ce sel s'était trouvé dissous dans un liquide non décomposable par l'alcali caustique ; mais que, par suite d'une double décomposition, l'ammoniaque se portera sur l'acide organique de la potasse, en même temps que celle-ci se portera sur l'acide phosphorique. L'ammoniaque que la potasse ne dégage pas, l'incinération la dégage ; et l'acide phosphorique que l'on retrouve alors n'est que l'acide mis en liberté par la volatilisation de sa base.

531. Les moelles allongée et spinale, d'après le même auteur, contiennent plus de matière grasse et moins d'albumine d'osmazôme et d'eau. Les nerfs au contraire contiennent beaucoup moins de matière grasse, beaucoup plus d'albumine et plus de graisse analogue à l'adipocire. La structure des nerfs, telle que nous l'avons observée (516), explique suffisamment la prédominance de l'albumine ; car ce produit représente les parois, non-seulement du tissu cellulaire qui sépare les divers troncs nerveux, mais encore des tubes cylindriques propres dont est formé chacun de ces troncs.

532. Mais les nerfs présentent deux circonstances qu'il est bon de signaler : 1° un nerf abandonné à lui-même sur une lame de verre, par un temps sec, se dessèche sans se putréfier, tandis que la substance cérébrale se putréfie en vingt-quatre heures ; 2° le nerf une fois desséché a tous les caractères physiques de la substance cornée, des ongles et des poils, et autres corps analogues ; quant aux rapports chimiques, ces corps ne diffèrent pas assez pour faire repousser cette analogie. Cette deuxième observation me paraît importante en physiologie. Au reste, c'est maintenant sur un cylindre isolé de nerf (516) que l'analyse doit

être faite ; c'est là qu'on aura, à l'état de sa plus grande pureté, la substance nerveuse.

533. On sait que les nerfs sont si bons conducteurs d'électricité, qu'on peut réveiller la contraction musculaire d'un membre privé de la vie, en faisant passer le courant voltaïque dans un tronc nerveux.

§ 4. Combinaison de la pensée.

534. Reléguer, dans le domaine des psychologistes, la combinaison de la pensée, ce serait vouloir retomber dans l'ancienne méthode d'observation que j'ai réfutée au commencement de cet ouvrage. Si la masse qui pense est abordable, dans ce qu'elle a de plus matériel, à la branche analytique de la chimie, pourquoi, dans ce qu'elle a de plus subtil, devrait-elle se soustraire aux inductions de l'analogie, qui est la partie philosophique, c'est-à-dire qui est l'ame de cette science ? Que m'importe ensuite que vous admettiez ou non l'existence d'un être immatériel capable d'habiter spécialement un corps, sans pouvoir pourtant être limité dans l'espace, de le faire mouvoir sans le toucher, d'être obéi sans intermédiaire, de percevoir enfin des vibrations matérielles sans jouir d'aucune des propriétés de la matière! Comme cette grande querelle se réduit, à mes yeux, à une simple question de mots (car ceux qui regardent un pareil être comme tout-à-fait matériel, admettent cependant que la propriété dont il jouit n'existe dans aucun autre des corps dont nous connaissons les propriétés générales), je ne m'en occuperai nullement. Ce que j'ai à exposer n'est en contradiction avec aucune de ces deux hypothèses.

JE NE PENSE POINT SANS CERVEAU ; PAR QUEL MÉCANISME, AVEC MON CERVEAU, JE PENSE? Voilà toute la question ; voici ma théorie :

535. La VOLONTÉ est le résultat d'une combinaison atomistique entre deux élémens subtils et impondérables : je veux

dire la *perception extérieure* ou l'*impression* d'un côté, et la *propension intérieure* ou le *penchant instinctif* de l'autre. Les mots *idée, jugement* et *raisonnement* n'ont été créés que pour faciliter le langage; car il n'y a pas plus de *jugement* sans *raisonnement* que d'*idée* sans *jugement;* ces trois opérations existent indivisiblement dans l'impression.

536. Les *propensions* ou *penchans instinctifs* sont le produit de l'élaboration de l'un de ces organes cellulaires, dont nous avons dit que les grands lobes cérébraux (les deux *hémisphères* et le *cervelet*) sont la réunion (519). Les *impressions* sont le produit d'une excitation extérieure.

537. Il y a *affinité, attraction* entre les *impressions* et les *propensions*; mais cette affinité varie du côté des propensions; les unes en ont plus que les autres; elles prédominent alors sur les autres, elles leur enlèvent les *impressions extérieures*, qui dès lors ne se combinent plus qu'avec celles-ci. L'animal est atteint alors d'une *passion* ou d'une *manie*.

538. La *volonté* tend, avec la rapidité de l'éclair, à se reproduire par des actes.

539. La *propension* qui domine chez l'homme même non civilisé, c'est la *sociabilité*, que l'on voit s'affaiblir graduellement et finir par s'effacer entièrement, en descendant l'échelle des êtres animés. Le plus *vertueux* est celui chez lequel cette *propension* domine davantage. L'*égoïste* est celui chez lequel elle est au moindre degré de prédominance; le *vicieux* et le *méchant* sont ceux chez lesquels une toute autre propension prédomine. La *folie* n'est que le résultat du peu de stabilité des diverses combinaisons qui ont lieu entre les *impressions* et les *propensions* diverses, combinaisons qui se décomposent avec une rapidité telle qu'il en résulte presqu'en même temps une foule de *volontés les plus disparates;* c'est un rêve continuel. Tout homme a chaque nuit ses accès de folie; car la nuit les organes n'élaborent plus d'une manière constante et normale. La *fausseté de l'esprit* est une variété de la folie.

540. Dans la solitude il n'existe pas de vicieux, il ne peut y avoir là qu'un sage et qu'un monomane; pour qu'il y ait vice ou vertu, il faut une société quelconque. C'est là que les impressions venant à se combiner exclusivement avec les produits de la propension à la destruction de ses semblables ou de celle à leur spoliation, il en résulte la volonté constante ou du meurtre ou du pillage ou de la fraude.

541. La *mémoire* n'est que l'accumulation des produits des combinaisons dans l'organe qui prédomine. Nous avons toujours, de cette manière, la *mémoire* analogue à nos propensions. Tel mathématicien, qui retient tant de formules, est incapable de retenir un certain nombre de noms de lieux. La mémoire se perd quand la prédominance s'efface.

542. Dans l'ordre social la *méchanceté* est une anomalie; car la *sociabilité* est la propension normale.

Mais puisque la civilisation a amené la *propension de la sociabilité* à un si haut point de prédominance, il doit paraître rationnel que l'éducation soit capable de diminuer et d'effacer même entièrement la prédominance de la *propension à la méchanceté*, et cela en provoquant, par de nouvelles habitudes ou par de nouveaux moyens curatifs, le développement d'une propension voisine. Les législateurs qui ont inscrit la *vengeance* sur les tables de la loi, et qui ont préféré, pour venger la société qu'ils disent outragée, la torture à l'amélioration, à la réhabilitation du malade et à la réparation du mal qu'il peut avoir fait à la grande famille, ceux-là, dis-je, devraient être considérés comme les plus méchans des hommes, si le contexte de leurs lois ne prouvait pas évidemment qu'ils en ont été les plus absurdes.

Les bornes et la nature de cet ouvrage ne me permettent pas de donner plus de développement à cette théorie.

TROISIÈME ESPECE : TISSUS OSSEUX

543. Par les observations auxquelles cette espèce de tissu va donner lieu, sa place naturelle se trouverait dans la deuxième classe de cet ouvrage : *bases des tissus*. Mais par son importance et ses rapports avec ceux qui précèdent, et pour l'intelligence des considérations sur l'organisation générale, par lesquelles je terminerai ce genre, j'ai senti la nécessité de la décrire ici.

544. Un os est une substance dure, blanche, plus ou moins compacte, inaltérable à l'air sec, insoluble dans l'eau froide, réductible en gélatine par l'action de la vapeur, et surtout dans la machine à papin (470), et donnant par la calcination près de moitié de son poids de cendres, composées de $\frac{4}{5}$ de phosphate calcaire et de $\frac{1}{5}$ de carbonate de la même base. Certains os offrent, entre deux *tables* aussi compactes que l'ivoire, une portion plus poreuse, dont les mailles sont remplies de substance rougeâtre, et que l'on nomme *diploë*. En outre, certains autres présentent encore, dans le centre de leur cylindre, une moelle graisseuse qui en prend la forme. Les muscles sont les ressorts des os sur la surface desquels ils s'attachent ; les vaisseaux en pénètrent la substance et y portent la vie.

§ 1. Organisation des os.

545. Afin de pouvoir étudier la structure de l'os au microscope, il faut nécessairement se servir des os qui se développent sous forme de lames minces, et les prendre à leur premier état de développement. Soit en effet un des os du crâne d'un fétus humain long de 12 centimètres, c'est-à-dire qui est arrivé environ au deuxième ou troisième mois de la gestation ; j'en ai représenté un fragment pris sur ses bords (pl. 8, fig. 11). On y voit un réseau d'anastomoses imitant si bien des vaisseaux, que si l'on n'était pas

averti, on ne manquerait pas de commettre cette méprise.

546. Mais si l'on promène sur sa surface, à l'aide d'une pointe, une goutte d'acide hydrochlorique, on voit aussitôt des bulles d'acide carbonique parcourir l'intérieur des tubes anastomosés en réseau, et les parois de ces tubes s'affaisser peu à peu les unes contre les autres, en sorte que bientôt tout ce réseau s'efface, et qu'au lieu de ces anastomoses, on n'a plus sous les yeux qu'une membrane simple et homogène. L'incrustation du carbonate calcaire avait donc eu lieu sur toute la paroi interne de chacun de ces tubes; et ces tubes étaient encore creux, comme l'indiquent les bulles de gaz qui circulaient librement dans l'intérieur de ceux que l'acide n'a pas attaqués. Je n'émettrai donc pas une opinion extraordinaire, en considérant ce réseau comme un réseau primitivement vasculaire, qui s'est changé en un réseau osseux, par le dépôt opéré, sur ses parois, du sel calcaire que charriait le liquide de la circulation. Je ne m'occuperai de la cause qui a présidé à cette incrustation qu'en m'occupant des bases des tissus organiques (*deuxième classe*); je ne dois me livrer ici qu'à l'étude de cette organisation, c'est-à-dire à celle du mécanisme de l'accroissement progressif des os.

547. Or, si l'on examine à cette époque la structure du crâne d'un tel *fœtus*, on aura lieu de remarquer que la boîte crânienne se compose extérieurement de sept cellules principales, dans chacune desquelles est logée une des lames osseuses qui représentent les deux os frontaux, les deux pariétaux, les deux temporaux et l'occipital : ces lames osseuses s'amincissent de plus en plus en approchant des bords. Les sept cellules principales en sont ce que les anatomistes nomment le *périoste*. Mais, car il est important de le faire observer, on voit évidemment que chacune de ces sept lames osseuses tient, par un point médian de sa surface extérieure, à la paroi correspondante de sa *cellule-périoste*, de la même manière que nous avons vu les *globules amyla-*

cés et *adipeux*, tenir, par leur *hile*, à la paroi de la cellule qui les engendre (87,413).

548. En appliquant maintenant notre théorie du développement vésiculaire (175, 427), il sera facile de concevoir comment se fera l'accroissement de ces lames osseuses. En effet, chacune des mailles de ce réseau osseux (pl. 8, fig. 11) est une cellule susceptible de développement en engendrant dans son sein et sur ses parois d'autres cellules; en même temps que cette cellule (*a*) s'accroîtra, les canaux vasculaires qui l'entourent s'allongeront à leur tour; car leur incrustation ne les a pas paralysés dans leur développement, et d'un autre côté, il ne faut pas perdre de vue que leurs parois ne sont autre chose que les parois désagglutinées de deux ou trois cellules contiguës. Cet accroissement aura lieu, comme dans tous les organes, du centre vers les bords (*c*, *b*, *b*, *b*). Or cette lame osseuse n'en est pas réduite à une seule couche de cellules; car alors elle serait tout aussi transparente vers son point d'attache que sur les bords; ce qui n'est pas. Mais on doit la considérer comme une vésicule aplatie, dans le sein de laquelle a pris naissance une vésicule secondaire, qui se développera de la même manière qu'elle, s'ossifiera de même, et qui engendrera à son tour une vésicule tertiaire douée des mêmes propriétés, et ainsi de suite, jusqu'à ce qu'enfin l'organe soit parvenu aux limites que la nature a assignées à son accroissement; à cette époque elle distendra fortement sa *cellule périoste* (547) qui s'appliquera exactement sur toute sa surface, sur toutes ses inégalités et anfractuosités; en sorte que bientôt toutes ces lames osseuses s'aborderont, s'engréneront, en enfonçant leurs saillies (*bbb*) dans les anfractuosités (*c*) qui leur correspondent. C'est cet engrenage qui, chez l'adulte, forme les sutures; car les bords de ces lames osseuses sont d'autant plus distans que le sujet est plus jeune et plus rudimentaire.

549. Ayez maintenant une vésicule osseuse qui ne soit pas forcée de s'aplatir, comme celles de la boîte crânienne,

sous les efforts de tension exercée par un viscère interne, le développement, au lieu de se faire en lame, prendra une direction différente, et par conséquent l'organe revêtira des formes différentes, qui résulteront de l'action des cellules musculaires, auxquelles ils restent attachés par différens points. Le *fémur*, le *tibia*, par exemple, se développeront librement sous forme de cylindres, ou plutôt de prismes informes terminés par des protubérances plus ou moins saillantes, dont les enveloppes externes s'accroissant en longueur en même temps que des cellules plus internes, et cela à l'infini, viendront, en s'appliquant étroitement contre la première, et les unes contre les autres, augmenter chaque jour l'épaisseur du cylindre. La moelle ne sera que l'ensemble des emboîtemens réduits à la seule substance organique, et non encore ossifiés; le plus externe, et par conséquent le plus ancien, sera toujours le premier à subir l'incrustation ossifiante. Le *diploë* sera un tissu cellulaire resté à un état de développement osseux moins serré, et dont les parois organiques, s'oblitérant par la dessiccation ou la macération, laisseront le réseau vasculaire osseux, sous forme de fibres entre-croisées et comme lâchement feutrées. Les vaisseaux et les nerfs pénétreront dans les diverses cellules emboîtées, par le point d'attache de chacune d'elles à la paroi interne de la cellule génératrice, comme nous l'avons déjà fait remarquer à l'égard des cellules végétales (177), et comme l'anatomie le démontre à l'égard de tous les autres organes animaux. Je ne poursuivrai pas plus loin l'application de cette théorie. Je ferai seulement remarquer que l'ossification des vaisseaux artériels offre en grand le mécanisme de l'ossification, moins appréciable dans ses progrès, de tous les os qui forment la charpente, le squelette normal des mammifères et oiseaux.

550. Nous reviendrons sur la composition chimique des os, et sur les procédés suivis pour les analyser dans la 2e classe de cet ouvrage.

§ 2. Structure organique de certaines autres substances qui ont plus ou moins d'analogie avec les os.

551. Dents. — Les dents sont des os très durs, qui font saillie à l'extérieur du pourtour des os de la mâchoire, à laquelle ils tiennent par des prolongemens plus ou moins coniques. Les enfoncemens dans lesquels se logent ces cônes se nomment les Alvéoles. Chaque molaire de l'homme en a ordinairement trois. La portion de la dent, qui fait saillie au dehors de l'alvéole, est beaucoup plus compacte et par conséquent plus unie et plus blanche que la portion intérieure. La substance dont elle se compose se nomme *émail*. Un cordon nerveux pénètre et s'épanouit dans le cœur de la dent, en pénétrant par la base de la portion qui en constitue le corps. L'analyse indique, dans les dents, une moins grande proportion de substance organisée et une plus grande de sels calcaires que dans les os du squelette.

552. L'organisation des dents se fait par emboîtement de couches osseuses qui, ou bien conservent la forme conique quand aucune compression n'est venue affaisser leur sommet (tels sont les défenses de l'éléphant ou l'ivoire, les crochets du cheval, etc.), ou bien s'aplatissent au sommet et y portent les empreintes des compressions qu'elles ont exercées, et réciproquement, celles de la mâchoire supérieure sur celles de la mâchoire inférieure, à l'époque où, cachées encore dans le tissu de la gencive et à l'état rudimentaire, elles étaient susceptibles de céder à la pression. Par le frottement, elles usent encore davantage leurs sommités.

553. Mais, malgré ces modifications accessoires, il n'en est pas moins exact de dire qu'une dent en général se développe, comme nous l'avons dit au sujet des autres organes, par la formation successive de nouveaux emboîtemens centraux qui, en se développant, repoussent et compriment les emboîtemens plus externes, lesquels finissent par se déliter sous forme de tartre; jusqu'à ce qu'enfin le

nombre de ces emboîtemens étant épuisé et la vie cessant dans le centre de remplacer les pertes de la périphérie, la dent tombe ou se creuse. Ce développement central s'observe fort bien sur la tache jaune des dents incisives du cheval.

554. L'anatomiste, qui ne doit s'attacher qu'aux modifications extérieures des formes, a beau ensuite établir des distinctions entre le système dentaire des mammifères et celui des oiseaux et même des poissons, le physiologiste ne voit que le même organe dans toutes ces productions osseuses qui couronnent l'une et l'autre mâchoire, soit qu'elles ne tiennent à celle-ci que par une adhérence cellulaire, ou qu'elles fassent corps avec l'os lui-même.

555. Ligamens, tendons, cartilages. — Les *ligamens* sont des membranes à tissu flexible mais serré, qui lient les os entre eux et protègent quelquefois l'articulation qui résulte de cet assemblage par une enveloppe capsulaire. Les tendons sont les points d'attache du *muscle* à la surface osseuse (490); on voit la substance cellulaire dégénérer en tendon par toutes les nuances qui distinguent l'*aponévrose*. Les *cartilages* sont ou de simples coussinets qui recouvrent les extrémités osseuses, ou bien des pièces entières du squelette qui remplacent les os, comme on le voit chez les poissons osseux.

556. Or, je considère ces trois sortes d'organes, comme tout autant de tissus qui ont une tendance prononcée vers l'ossification, dont ils présentent déjà les caractères extérieurs. On voit même, chez les oiseaux, les tendons s'ossifier à mesure qu'ils s'éloignent de la partie musculaire.

557. Coquilles des mollusques. — Sous le *rapport chimique*, la coquille diffère de l'os par la prédominance du carbonate de chaux, sur la substance organisée qui s'élève à peine à 0,5, et sur le phosphate de chaux qui ne dépasse pas 2 pour cent de la masse totale. Cependant, lorsque l'animal vient de sortir de l'œuf, sa coquille contient à peine du ca.

bonate[1]. Sous le rapport physiologique, la coquille diffère de l'os par son accroissement et par sa structure. Au lieu de se former par des emboîtemens, la coquille se forme par l'incrustation calcaire de la membrane externe d'une portion de son corps, membrane qui, une fois ossifiée de la sorte, se sépare des chairs ou membranes qu'elle recouvre, pour former une espèce de test, dont la forme rappelle exactement celle du corps dont elle n'est qu'un dédoublement. Bientôt une nouvelle couche membraneuse s'incruste de la même manière, et vient s'appliquer contre toute la paroi interne de la première, qui forme la coquille encore très fragile et très mince. Mais comme le corps de l'animal a grandi en longueur depuis cette époque, la deuxième membrane déborde un peu par l'ouverture la première, ce qui présente une première strie transversale chez les univalves et demi-circulaire chez les bivalves. De nouvelles membranes ossifiées viennent, par le même mécanisme, s'appliquer contre les anciennes et les déborder pour produire de nouvelles stries, et ainsi de suite à l'infini. En conséquence, tandis que l'os est un organe vivant et s'accroissant par lui-même, c'est-à-dire par le développement de ses emboîtemens internes, la coquille est une production inerte et de rebut qui ne s'accroît que par des pertes de substances.

558. Quand on réfléchit sur le procédé au moyen duquel les bivalves ferment leurs coquilles, on peut se faire une idée de celui au moyen duquel l'agglutination de ces diverses membranes ossifiées a lieu. L'animal en effet possède un manteau double, dont il applique chaque moitié contre l'une et l'autre valve, en faisant le vide entre la paroi interne de la valve et la paroi externe du manteau; c'est ainsi qu'elles rapprochent leurs valves; mais comme cette aspiration, qui produit et détruit le vide, n'a lieu que par l'action d'une surface vivante, il s'ensuit que lorsque l'ani-

(1) *Annal. des Sc. d'obs.*, tom. I, pag. 124. 1829.

mal abandonne les valves à la force du ressort de la charnière, en se séparant d'elles par une expiration, la portion frappée d'inertie par son ossification reste adhérente pour toujours à la paroi interne de la valve.

559. Il ne faudrait pourtant pas croire que l'organe générateur de la coquille n'ait aucun rapport de continuité avec cette excoriation calcaire, si je puis m'exprimer ainsi. Il suffit d'examiner attentivement l'animal d'une univalve, lorsqu'il se contracte et s'enfonce dans ses spires, pour s'assurer que l'organe générateur reste soudé par les bords avec la coquille ; et si le sommet de la coquille restait alors attaché par un empâtement quelconque à la roche, on aurait, à quelques modifications près, sous les yeux, le type des polypes calcaires[1].

560. Polypiers. — Car je crois avoir démontré[2] que l'on s'était grandement trompé, lorsqu'on avait considéré l'animal des polypiers comme logé dans un tube, sans autre adhérence qu'une simple application de son extrémité contre le fond de cette loge. J'ai fait voir que le polype n'était que la continuation de son fourreau, lequel devenait osseux ou cartilagineux dans sa partie inférieure, à mesure que la partie supérieure se développait. En conséquence, au lieu d'être une transsudation informe de leur corps, leur tube ou plutôt leur test se forme par des additions successives de membranes épidermoïdes les unes contre les autres, à mesure qu'elles s'ossifient. J'ai fait voir encore que ces polypes ne sont que des céphalopodes microscopiques, mais fixes, ayant, comme les grandes espèces de ce genre, un sac qui se tient enfoncé dans le tube, un entonnoir excrémentitiel, des ovaires, un canal intestinal décrivant les mêmes courbures, une tête également conformée

(1) Voyez à ce sujet la première partie de mon travail sur les *Ammonites*, dans le *Lycée*. 1831, n° du 20 nov.

(2) Voyez mon *Hist. nat. de l'alcyonelle et des genres voisins*, dans le tome III des Mém. de la Soc. d'hist. nat. de Paris. 1827.

avec tous ses accessoires; en sorte que si le *sepia* (sèche), par exemple, au lieu d'ossifier la partie dorsale de son grand sac, avait fait subir la même métamorphose à toute la périphérie externe de cet organe, et que la base en fût restée empâtée contre un rocher, le *sepia* eût été un polype gigantesque. Ce que je dis de l'analogie des polypes fixes, je puis le dire aussi des polypes libres et vagabonds. Le rotifère, par exemple, n'est encore qu'un polype sans tentacules[1]; sa tête est identique; au-dessous d'elle on observe les mouvemens de deux plaques que l'on compare à un double cœur, mais qui pourraient bien n'être que l'équivalent du bec des céphalopodes; au-dessous de cet organe mobile existe l'entonnoir excrémentitiel, d'où j'ai vu sortir, comme chez l'alcyonelle, non-seulement les excrémens, mais encore des myriades d'œufs réduits au volume d'une monade, et que l'animal produit en forme de chapelets plus ou moins confondus ensemble; je les voyais s'acheminer par un oviducte, au sortir de l'ovaire violemment contracté.

QUATRIÈME ESPECE : TISSUS CORNÉS.

561. J'entends, par *tissu corné*, le tissu compacte, flexible et cassant de certains organes presque imputrescibles, végétant au dehors du corps, par des développemens qui partent de la base et vont se dessécher en s'accumulant au sommet. Les *cheveux*, les *poils*, les *crins*, la *laine*, les *plumes*, certaines *cornes*, les *sabots des chevaux*, les *ongles*, etc., sont des tissus de cette espèce.

§ 1. Organisation du tissu corné.

562. Si l'on examine l'épiderme d'un fœtus de brebis long

(1) Quoique la partie antérieure du Rotifère soit privée de tentacules, nous démontrerons plus bas qu'elle n'en remplit pas moins les conditions physiologiques de la sommité tentaculée des céphalopodes grands et petits.

de 12 centimètres environ[1] conservé dans l'alcool, on le trouve parsemé de globules de même diamètre, élégamment répandus et presque à des distances égales autour de taches blanches dispersées en quinconce, et qui semblent déjà indiquer la place où doit naître un poil. Sur l'épiderme pris dans le voisinage des tempes, les taches blanches sont remplacées par des vésicules saillantes au dehors, sous forme de bouteilles ou plutôt d'urnes, dont les parois sont granulées de la même manière que l'épiderme. Ces vésicules sont les rudimens des poils.

563. Si l'on cherche à vérifier la même observation sur l'épiderme d'un moineau, au sortir de son œuf, on peut isoler chacune de ces petites bouteilles, de même que le nerf dont elle semble n'être que le développement terminal. On croirait avoir sous les yeux l'œil d'un mollusque avec son long nerf optique. Le sommet de cette vésicule s'entr'ouvre déjà à cette époque, pour livrer passage à un faisceau cylindrique de petites fibrilles cylindriques aussi, qui ne sont que les barbilles encore simples de la plume.

564. Si ensuite on examine à une époque plus avancée une plume quelconque, on pourra s'assurer, avec un peu d'adresse, que son tuyau se compose et s'accroît par des emboîtemens, dont les sommités, s'arrêtant à une certaine distance les unes des autres, ont l'air de diviser la capacité du tube par tout autant de diaphragmes. Les interstices de ces diaphragmes sont remplis d'un liquide gras qui s'y condense, à mesure que les sommités se rapprochent et se soudent.

565. C'est ici le lieu de rappeler une circonstance que j'ai fait remarquer comme importante en parlant des nerfs (532) ; c'est que le nerf une fois desséché a tout l'aspect et toutes les propriétés physiques d'une substance cornée.

(1) Voy. mon deuxième Mémoire *sur la structure intime des tissus*, dans le tome IV du *Répert. général d'anatomie*.

566. Or, de toutes ces circonstances réunies, il est aisé de déduire la théorie du développement et de la structure des organes cornés : un prolongement nerveux se fait jour à travers les membranes externes du corps (*derme* et *épiderme*); là, sous l'influence de ses nouvelles relations, la sommité mamelonnée de ce nerf s'organise en un *bourgeon* formé d'emboîtemens concentriques, que j'assimilerai au germe d'un tronc végétal (177), c'est-à-dire à une réunion de cellules concentriques, mais nées les unes sur la paroi interne des autres. A mesure, que se moulant au passage sur la filière que la nature lui a ouverte, un de ces bourgeons s'allonge dans les airs, de nouveaux emboîtemens naissent dans le centre générateur et viennent refouler les anciens vers le sommet, pour les y condenser pour ainsi dire, jusqu'à ce que, dépouillés d'une portion quelconque de leur substance grasse (huile), ils ne forment plus qu'une substance inerte et caduque.

567. Sur la corne des bœufs on remarque, chaque année, un nouveau bourrelet circulaire qui marque la limite de l'ancienne et de la nouvelle formation. Après chaque coupe de cheveux, on peut remarquer, au microscope, et quelquefois à l'œil nu, que le nouvel emboîtement, qui continue la longueur, sort de l'ancien emboîtement dont on a coupé la sommité, comme d'un fourreau cylindrique, lequel finit bientôt par s'écailler et disparaître en débris furfuracés.

568. Chacun de ces emboîtemens peut à son tour organiser ses parois par le développement de ses cellules, soit sous forme de mailles hexagonales (417), soit sous forme de tubes cylindriques, comme on le voit sur les bâtons des *oursins de mer* et sur les *piquans* des *porcs-épics*. Enfin ces végétations cornées, peuvent à leur tour se bourgeonner sur divers points de leur longueur, et produire des ramifications par le même mécanisme.

569. Je pousserai plus loin l'analogie, et je crois pouvoir soutenir qu'en provoquant un surcroît d'activité sur un

point quelconque de la surface du corps, au moyen d'un frottement prolongé, on détermine la formation de véritables productions cornées, qui ne sont que des sommités nerveuses s'organisant d'une manière moins normale qu'à l'égard des poils; les *Callus*, les *cors aux pieds* ne sont pas autre chose; et l'organisation de ces superfétations est si incontestable qu'on y trouve souvent des vaisseaux nourriciers, que l'on a très improprement désignés sous le nom de *racines du corps*. Ces considérations orthopédiques ne sont pas aussi futiles que pourraient le penser des esprits habitués à manier un style plus relevé; car elles donnent, il me semble, l'explication des formations anormales et insolites d'*ergots* et de *substances cornées*, sur les surfaces ordinairement les plus lisses d'un animal; partout où il existe une papille nerveuse, c'est-à-dire la terminaison d'un nerf, il peut, sous certaines influences, se développer un organe *corné*. Les applications de cette théorie aux diverses formes que peuvent revêtir ces organes, rentrent dans le domaine de l'anatomie comparée proprement dite.

§ 2. Caractères chimiques des substances cornées.

570. C'est à Vauquelin que nous devons le peu que l'on sait sur la composition chimique de certains organes cornés. Mais ces analyses, ainsi que toutes celles de l'ancienne chimie, ne nous donnent que l'histoire et les résultats de la désorganisation de ces corps, et il reste à la nouvelle chimie de reconnaître comment et sous quelle forme tous ces produits bruts existent dans l'organe doué de toute sa vitalité.

571. Vauquelin s'est assuré que les *cheveux* de diverses couleurs, *noirs*, *rouges*, *blonds* et *blancs* ne diffèrent réellement entre eux que par la présence ou l'absence d'une huile colorée. Ainsi les *noirs* se composent de la substance du tissu que Vauquelin assimile au *mucus*, et qui ne peut être que de l'albumine dont un mélange quelconque masque les propriétés essentielles (468), d'une huile blanche et con-

crète, et d'une autre huile noire-verdâtre, épaisse comme le bitume, d'un peu de phosphate et de carbonate de chaux, d'oxide de manganèse et de fer oxidé ou sulfuré, d'une quantité notable de silice et d'une quantité plus considérable de soufre. Les cheveux *rouges* ont moins de fer et de manganèse et leur huile colorée est rouge; les *blonds* ont une huile colorée en blond; les *blancs* enfin ne diffèrent des uns et des autres que par l'absence complète de l'huile colorée. Ce qui me paraît jeter un grand jour sur l'origine de la coloration des cheveux, c'est que les ouvriers en cuivre ont bientôt les cheveux colorés en vert, et que l'on sait d'un autre côté que l'huile pure et incolore ne tarde pas à se colorer plus ou moins en vert ou en bleu, quand elle reste en contact avec le cuivre; c'est encore que les sels de mercure, de plomb et de bismuth, ou même leurs oxides, mis en contact avec les cheveux rouges, châtains ou blancs, les colorent, et cela d'une manière indélébile, en noir ou en violet foncé; la couleur originaire du cheveu ne reparaît plus que vers la racine, à mesure que de nouveaux emboîtemens repoussent les anciens (556). Or l'analyse démontre que les cheveux renferment du soufre à un état quelconque de combinaison; il paraîtrait donc que leur coloration ne proviendrait que d'une combinaison de leur huile incolore avec un sulfure [1] ou un oxide soit de fer, soit de manganèse.

572. Les cheveux ne se dissolvent bien dans l'eau qu'à l'aide de la marmite de Papin. L'eau chargée de 4 centièmes de potasse caustique dissout complètement les cheveux et tous les organes cornés; il se dégage en même temps de l'hydro-sulfure d'ammoniaque; nouvelle preuve que l'ammoniaque existe de toutes pièces dans leur tissu (430). A la distillation ils donnent de l'huile, du carbonate d'ammonia-

(1) C'est pour cette raison que, lorsqu'on veut teindre les laines, il faut avoir grand soin d'employer des mordans ou des substances colorantes pures de tout sel ou oxide de plomb.

que, de l'hydrogène sulfuré et 0,28 à 0,30 pour 100 de charbon.

573. Les acides se comportent avec les cheveux et les substances cornées, exactement comme avec l'albumine plus ou moins mélangée. Ainsi l'acide sulfurique les dissout en grande partie en se colorant en purpurin, à cause probablement du mélange de l'huile avec une certaine quantité de sucre (452); l'acide hydrochlorique contracte, en les dissolvant, la même coloration (467); l'acide nitrique se colore en jaune (465), il les décompose en acide oxalique et matière amère (305), et en acide sulfurique provenant de la décomposition des sulfures.

574. L'alcool bouillant s'empare des deux sortes de substances huileuses. La blanche se dépose en grande partie, par le refroidissement, sous forme de lamelles brillantes; la noire ou la rouge ne s'obtient que par évaporation, ce qui provient évidemment de l'espèce de saponification qui résulte de son mélange avec les combinaisons métalliques.

CINQUIEME ESPECE :

TISSUS CELLULAIRE, DERMOÏDE, ÉPIDERMOÏDE, etc.

575. Quoique tous les tissus soient à mes yeux de simples modifications de l'organisation cellulaire, cependant je conserverai spécialement le nom de *tissu cellulaire* à cet assemblage de cellules plus ou moins flasques, que l'on trouve, entre les grands faisceaux musculaires, sous certains tégumens, et même entre les troncs rapprochés d'un cordon nerveux. Ces cellules sont plus particulièrement destinées à élaborer la graisse et à s'en approvisionner, jusqu'à ce que l'activité de l'organe voisin en exige le sacrifice; elles constituent alors le *tissu adipeux* (421).

576. Le *derme* est le tégument extérieur qui recouvre toute la surface du corps, et donne naissance aux poils: c'est un tissu cellulaire, traversé de vaisseaux et de nerfs qui viennent, en se subdivisant à l'infini, se terminer au de-

hors, sous forme de papilles invisibles chargées de percevoir les impressions des corps extérieurs. Le derme participe légèrement de la contractilité musculaire.

577. L'épiderme[1] n'est à mes yeux que la couche externe de *derme*, dont les cellules s'épuisent, s'affaissent et se dessèchent de plus en plus, jusqu'à ce que, séparées les unes des autres par leur retrait, elles tombent sous forme d'écailles furfuracées. L'épiderme est à l'animal ce que l'écorce (191) est à l'égard du végétal. Au reste cette décortication a lieu non-seulement sur les membranes extérieures du corps, mais encore sur toutes les surfaces des organes internes. Ainsi la salive, examinée le matin à jeun, offre au microscope les débris plus ou moins divisés des surfaces buccales, et ces débris sont évidemment des cellules analogues aux cellules de l'épiderme externe[2]. Toutes les surfaces muqueuses se dépouillent chaque jour, de la même manière, par couches plus ou moins étendues, et les paquets d'excrémens sont évidemment enveloppés par leurs débris; au microscope on leur retrouve encore des traces d'organisation vasculaire. Mais si ces couches caduques n'étaient pas remplacées par des couches de nouvelle création, la vie de chacun de ces organes serait bientôt éteinte; cela est de toute évidence. Il faut donc admettre que ces organes se renouvellent de l'intérieur à l'extérieur, comme nous avons déjà eu occasion de le faire remarquer à l'égard des organes végétaux (177).

578. On a établi deux grandes distinctions entre les membranes qui tapissent les cavités du corps. On a appelé *muqueuses* celles qui recouvrent les parois des cavités en communication avec l'air extérieur, et *séreuses* celles qui recouvrent les parois des cavités sans communication externe. Cette distinction n'est pas seulement une distinction

(1) Voyez mon premier mémoire *sur les tissus de nature animale*, tom. IV du *Répert. gén. d'anat.*, pl. 7, fig. 2, 3, 4, 5, 6.

(2) Voyez mon second *mém. ibid.*, pl. 2, fig. 2.

nominale; elle exprime une différence réelle entre les deux élaborations. En effet toute membrane *muqueuse* s'exfolie en couches organisées, et est rejetée au dehors sous cette forme plus ou moins altérée; tandis que la membrane *séreuse* ou bien ne s'excorie pas, ou bien son excoriation se résout sous forme liquide, pour être réabsorbée par les organes.

579. La surface des *intestins* est hérissée de villosités vasculaires qui me paraissent destinées à aspirer, par une espèce de triage, les substances organisatrices préparées par la digestion et la chylification. Ce sont, si je puis m'exprimer ainsi, les branchies du canal intestinal. Elles abondent principalement dans les intestins des jeunes sujets; on voit pl. 8, fig. 4, A, celles d'un enfant venu à terme; et fig. 4 B, celles de l'intestin grêle d'un fœtus de trois mois; à cette époque de la gestation, les villosités sont si abondantes et si ramifiées, qu'elles forment une espèce de *meconium* jaunâtre à l'œil nu; le canal intestinal en est presque obstrué. Dans l'analyse du *meconium*, évidemment la chimie en grand n'en aurait tenu aucun compte.

SIXIÈME ESPECE: TISSUS RESPIRATOIRES.

580. Le *tissu respiratoire* est un *tissu cellulaire* (168, 575) chargé exclusivement de soutirer à l'air ou à l'eau ordinaire l'oxigène destiné à l'oxigénation du sang. Je diviserai cette espèce en deux sections : en *tissus des organes respiratoires aquatiques* et *tissus des organes respiratoires aériens*.

§ 1. Tissus respiratoires aquatiques.

581. Les animaux microscopiques d'une certaine dimension, les tentacules de l'alcyonelle [1], etc., présentent un phénomène curieux et dont l'explication classique ne m'avait

(1) Voy. la deuxième partie de mon travail sur l'histoire nat. de l'alcyonelle, 62, tome IV des Mém. de la Soc. d'hist. nat. de Paris.

jamais paru satisfaisante. Certaines de leurs surfaces se couvrent de petits cils infiniment transparens, et exécutant des mouvemens si rapides en général, que l'œil ne peut les fixer une fraction de seconde. Tels sont les cils que j'ai représentés bien grossièrement sans doute sur les bords de la surface antérieure d'une vorticelle simple (pl. 6, fig. 5, *b*, *c*, *c'*).

582. Depuis long-temps leur aspect, leurs mouvemens apparens, ainsi que les mouvemens que leur jeu semblait déterminer dans le liquide, m'avaient fait naître des doutes violens sur la nature et sur le rôle de ces *cils* désignés par les auteurs sous le nom de *cils vibratiles*.

1° Ces cils ne peuvent jamais être observés à l'état de repos; et, à l'état de mouvement, leur aspect diffère tant des véritables cils, qu'il serait impossible au burin et même au pinceau d'en donner une juste idée, et que rien n'est plus inexact que de les dessiner comme des lignes noires et droites, ainsi que Muller et les autres auteurs se sont contentés de le faire, sans avertir les lecteurs de l'infidélité forcée de leurs figures.

2° Ces cils changent à chaque instant d'aspect, d'intensité, de formes; ils disparaissent et reparaissent sans qu'on puisse voir d'où ils partent et où ils se cachent; ils disparaissent même quelquefois par la base, tandis qu'on aperçoit encore le sommet qui se tient alors à une certaine distance de la surface de l'animal.

3° Ces cils se dégradent souvent peu à peu en ondulations analogues à celles que produisent à l'œil les émanations qui s'élèvent de la terre, sous l'influence des premiers rayons du printemps.

4° Il paraît certain que les *infusoires* ou *animaux microscopiques*[1] n'exécutent leurs mouvemens de natation qu'à

(1) L'une et l'autre dénomination n'indique que des caractères de convention. Ce grand groupe d'êtres animés appelle une nouvelle étude, poursuivie

l'aide du jeu de ces prétendus cils. En effet le *rotifère* (497) ne nage jamais sans agiter les cils de ses deux roues fabuleuses[1], et s'il reste en repos, tout en les faisant vibrer, c'est qu'il s'est attaché à une surface immobile, par le trident de la queue qui lui sert de ventouse. Si les cils cessent leur mouvement, aussitôt il s'arrête, se contracte et même brusquement au milieu de la direction la plus rapide; il s'attache alors au porte-objet et n'avance plus qu'à la manière des *chenilles géomètres*. Les deux roues du *rotifère* sont donc deux organes qui servent à la natation. Or, en supposant ces deux roues hérissées, sur leur circonférence, de cils vibratiles et décrivant toutes les deux des mouvemens de *va-et-vient*, il arriverait que si l'animal ne reculait pas en vertu de ces mouvemens, il devrait du moins rester stationnaire, à peu près comme resterait une barque, dont la proue serait armée de chaque côté d'une roue mobile, hérissée sur sa circonférence de cils horizontaux, et se mouvant autour d'un axe parallèle à la quille.

5° On remarque souvent, surtout lorsque l'eau du porte-objet commence à s'évaporer, que le corps entier de certains infusoires (les *kolpodes*, etc.) se couvre de cils nouveaux, lesquels forment, avec la surface qui les supporte, des angles dont l'ouverture regarde le point où se dirige l'animal, en sorte que, dans ce cas, l'animal s'avancerait exactement par un mécanisme qui ferait reculer le poisson, puisque les cils seraient disposés dans le sens inverse des nageoires.

6° Toutes les fois qu'une surface offre de pareils cils, on voit qu'elle détermine dans l'eau des mouvemens que l'action de cils vibratiles ne serait jamais capable de déter-

d'après d'autres principes. Ces animaux possèdent une organisation bien plus compliquée qu'on ne l'avait d'abord pensé (497).

(1) Ces deux roues ne sont qu'un *fer à cheval* analogue à celui de l'alcyonelle, mais privé de tentacules; sous certains points de vue, les deux branches du *fer à cheval* simulent deux roues.

miner; car les corpuscules suspendus dans l'eau sont attirés de loin par la surface hérissée de cils, et ils sont repoussés quand ils se trouvent à la hauteur de ces cils.

7° Enfin, si les mouvemens imprimés à l'eau devaient être attribués à l'action des cils en vibration, ces mouvemens supposeraient une vibration si active, que, par le fait, on ne devrait distinguer aucun cil, ce qui est loin d'avoir lieu; car non-seulement on les distingue, mais encore on peut étudier leurs effets.

583. Toutes ces raisons soumises mille fois au jugement des yeux du corps, qui, dans cette circonstance, sont peut-être plus compétens que ceux de l'esprit, m'avaient fait repousser comme inadmissible l'existence des cils vibratiles, dont les micrographes ont hérissé certains organes des infusoires.

584. Mes doutes se changèrent en certitude, lorsque le hasard m'eut fait placer, sur le porte-objet du microscope, un bord de branchie de *moule de rivière* vivante, pour en étudier la structure intime : non-seulement les bords s'en couvraient de ces cils scintillans et faisaient tourbillonner l'eau, de la même manière que les cils des infusoires, mais encore on voyait chacun des lambeaux informes, provenant du déchirement des branchies, exécuter des mouvemens rotatoires avec une étonnante rapidité, et se couvrir de cils sur tous les points de la surface qui attirait les corpuscules suspendus dans le liquide; cette surface simulait alors la partie antérieure du corps. Chacun de ces lambeaux fonctionnait pendant vingt-quatre heures au mois d'août, époque à laquelle j'eus lieu de me livrer à ces curieuses observations. Je déchirai ensuite sous mes yeux, à l'aide de deux pointes, ce fragment de branchies, et aussitôt chaque débris que j'avais détaché décrivit des mouvemens gyratoires, en se couvrant de cils et attirant par la surface ciliée les corpuscules flottant sur l'eau; on aurait dit, en pareil cas, que la pointe microscopique était la baguette magique qui

donne la vie à tout ce qu'elle touche, qui ressuscite tout ce qui est mort; car en un instant le porte-objet se couvrit d'une nuée de lambeaux d'abord informes, s'arrondissant ensuite plus ou moins, variant à l'infini de diamètre et de configuration, et qui tournaient sans cesse en accélérant et ralentissant leurs mouvemens sans aucune règle.

585. Cette découverte était trop importante à mes yeux pour la laisser stérile comme un fait isolé; aussi ne tardai-je pas à m'assurer que les palpes labiaux des mêmes moules de rivière sont douées des mêmes propriétés, que le manteau (557), ainsi que la partie marginale du pied, en donne à peine des signes. Mais je n'eus qu'à enfoncer la pointe de mon scalpel dans l'ovaire, pour apporter sur mon porte-objet, avec une foule d'œufs à divers états de développement, une foule plus considérable encore de lambeaux mouvans, absolument analogues à ceux que j'avais obtenus par le déchirement des branchies (584).

586. Les branchies (collerette) des *grands buccins* aquatiques de nos étangs (*Lymnæus stagnalis*, Lamk.), des *nérites vivipares* de la Seine (*Paludina vivipara*, Lamk.), m'offrirent les mêmes résultats; le pied, les tentacules, la tête des mêmes mollusques, à l'état adulte, ne m'en donnèrent pas les moindres signes.

587. Mais les jeunes nérites, extraites du corps de leur mère, et encore enfermées dans l'*albumen*, se couvraient de cils vibratiles sur toute la surface qui se montrait hors de leur petite coquille, et même sur leurs tentacules; en un mot tout leur corps en cette circonstance était branchie.

588. Je n'ai rien pu observer d'analogue ni sur nos *helix pomatia*, ni sur les tentacules des hydres (*polype d'eau douce*), ni sur la partie extérieure des stigmates des larves d'insectes qui vivent dans l'eau, ni sur les poumons des grenouilles, ni même sur les papilles branchiales de nos poissons. Cependant les branchies des jeunes salamandres,

animaux qui, comme les grenouilles, sont doués de la double respiration branchiale et pulmonaire, ces branchies, (pl. 6, fig. 4)[1], dis-je, m'offrirent la moitié du phénomène; car on distingue une circulation évidente dans chacune de ces papilles; des globules ovoïdes et d'une assez grande dimension (*a*) se poussent et défilent dans les canaux vasculaires. Mais en même temps on voit que les corpuscules suspendus dans le liquide ambiant, sont attirés de très loin par la surface vasculaire, et que, sans se couvrir d'aucun cil, celle-ci leur fait décrire une espèce de *remou* (*b*), comme le fait l'organe de la vorticelle (581).

589. Comme tous les phénomènes du jeu des organes, qu'on décrivait hérissés de cils chez les microscopiques, se représentaient, avec toutes leurs circonstances, non-seulement sur la surface des organes de la respiration des mollusques, mais encore sur chacun des lambeaux obtenus par le déchirement de leur substance, une certaine prévision me portait à ne voir dans les cils vibratiles que des traînées d'une substance, ou aspirée, ou expirée, mais du moins d'une densité différente, et par conséquent d'un pouvoir réfringent différent de celui du milieu ambiant; enfin, dans l'organe qui se hérissait de cils, je ne voyais qu'un organe respiratoire. A la faveur de cette hypothèse toutes les anomalies que j'ai signalées plus haut (582) s'expliquaient de la manière la plus naturelle. Or, voici par quelle série d'observations, d'inductions et d'expériences je suis parvenu, je le pense, à une complète démonstration.

590. On trouve au mois d'octobre, dans certains étangs, et spécialement aux environs de Paris, dans l'étang du Plessis-Piquet, de grosses vorticelles isolées, de $\frac{1}{4}$ de millimètre de long (pl. 6, fig. 5), qui se plaisent à se fixer, par leur

(1) J'ai représenté une papille de protée (*Proteus anguinus*), pl. 8, fig. 5, à un fort grossissement, pour donner une idée de la structure vasculaire de ces organes. L'animal était conservé dans l'alcool.

base (*e*), contre la surface du porte-objet, et se tiennent ainsi pendant long-temps épanouies. Il est facile alors d'examiner à fond le phénomène qui nous occupe. Car on voit les corpuscules suspendus dans le liquide, attirés de très loin et quelquefois de tous les points de la sphère liquide, au centre de laquelle est placé l'animal, vers la surface antérieure (*a*); mais lorsqu'un de ces corpuscules se trouve à la hauteur d'un cil vibratile (*c*), on le voit repoussé subitement et comme par une commotion électrique, en décrivant une courbe; ramené ensuite par une autre courbe qui complète le cercle, vers le même cil, on le voit de nouveau repoussé, et ainsi de suite pour tous les corpuscules qui arrivent à ce point; en sorte que de chaque côté de l'animal on remarque deux tourbillons dessinés par la marche des corpuscules, et d'un effet très agréable. La direction de ces tourbillons dépend de la direction des cils eux-mêmes; car lorsqu'un corpuscule se présente au cil (*c'*), on conçoit que la tangente de la courbe à décrire doit être à peu près parallèle au corps de l'animal, et qu'alors le corpuscule semble obéir au mouvement imprimé aux corpuscules qu'attire la surface aspirante; enfin la direction de ces corpuscules varie à chaque inflexion que la vorticelle donne à son corps [1]; mais ce qu'il est important de ne pas perdre de vue, c'est que la surface antérieure de l'animal, qui est circulaire et perpendiculaire à l'axe du corps, ne se couvre jamais de cils, et que c'est elle qui attire exclusivement les corpuscules suspendus dans l'eau, tandis que le bourrelet qui entoure cette surface se couvre seul des cils qui repoussent les corpuscules. Je nommerai donc la surface antérieure surface *aspirante*, et le bourrelet surface *expirante*; et je suis dès à présent en droit de regarder les

(1) Observez que l'attraction seule du liquide par la surface antérieure suffirait pour opérer sur les deux côtés de l'animal deux *remous* prononcés, vu que le courant doit toujours prendre la résultante de l'impulsion qu'il reçoit et de la résistance qu'il éprouve.

cils (*b*) comme des indices d'une *expiration* dont il ne s'agit plus que de déterminer la nature.

591. J'ai démontré, plus haut (582), que ces cils ne pouvaient pas être des organes vibratiles; d'un autre côté ils n'étaient point des traînées d'air *expiré*, puisque l'air *expiré* se serait rassemblé en bulles très visibles au microscope (164), soit autour du corps, soit à la surface de l'eau; or le liquide n'offrait jamais, pendant cette observation, la moindre bulle gazeuse. Mais il était évident que la surface *aspirante* n'attirait les corpuscules qu'en aspirant l'eau; il était donc évident que l'animal, par une surface quelconque, devait expirer cette eau en partie ou en totalité, et cela soit à l'état de vapeur soit à l'état liquide; de même que l'air aspiré par les poumons est expiré, après avoir été dépouillé de quelques-uns de ses principes. L'expérience suivante me servit à déterminer la valeur de cette double explication.

592. Soient deux tubes de verre de la longueur du tube du microscope, recourbés vers leur portion inférieure, et effilés à la lampe par leurs extrémités inférieures, qui viennent se réunir dans l'eau d'un verre de montre, au foyer de l'objectif. Il faut que leurs extrémités supérieures soient éloignées l'une de l'autre, de manière que l'observateur, ayant l'œil à l'oculaire, puisse en même temps les saisir alternativement de la bouche. Si l'on a eu soin de répandre dans l'eau du verre de montre des petits granules de fécule, et qu'on aspire l'eau par un des tubes, on voit les granules se porter de tous les points du verre de montre vers l'extrémité aspirante, comme vers un centre; ce qui doit être d'après les lois hydrauliques. Mais si l'on abandonne à lui-même le tube aspirateur, pour aspirer par l'autre, l'identité des mouvemens imprimés aux corpuscules par ce jeu factice, avec les mouvemens imprimés par les organes microscopiques (589), devient de toute évidence; car en même temps que les corpuscules se portent vers le tube aspirant, on en voit d'autres rencontrer le courant du tube

devenu expirant par l'écoulement de l'eau qu'il contient ; tout à coup ces corpuscules éprouvent comme une commotion électrique qui les lance loin de là par une courbe, qu'ils complètent ensuite, comme s'ils étaient ramenés par la force de l'aspiration de l'autre tube. Enfin, si, au lieu de deux tubes, on en dispose trois dont le médian *aspirant* et les deux extrêmes *aspirans*, on produit mécaniquement tous les phénomènes que j'ai dessinés d'après le jeu *respiratoire* de la vorticelle (pl. 6, fig. 5).

593. Le mécanisme de tous ces mouvemens devient donc irrécusable ; mais la nature de la substance *expirée* reste encore indéterminée ; car dans ces expériences on ne reproduit aucun *cil vibratile*. Or les expériences suivantes servent à déterminer cette inconnue.

594. Si l'on fait passer à travers l'un des tubes, soit de l'eau chargée d'un sel, tandis que le verre de montre renferme de l'eau distillée, soit de l'eau distillée, et de l'eau purgée d'air par l'ébullition, à travers de l'eau ordinaire, on ne voit jamais au bout du tube la moindre apparence d'un *cil*. Si l'on fait passer un courant de vapeurs d'eau à travers l'extrémité du tube, et cela en adaptant à son extrémité supérieure un ballon plein d'eau que l'on porte à l'ébullition, le courant de vapeur, bien distinct il est vrai du liquide ambiant, ne se présente pourtant à l'œil que comme un faisceau nuageux de bulles qui se rendent rapidement à la surface du liquide, tandis que les cils ont quelque chose de moelleux et d'ondoyant que les mots ne sauraient exprimer. Mais si l'on fait passer à travers le tube de l'eau élevée à la température de 45°, celle du verre de montre étant à 17°, tout à coup l'extrémité effilée du tube offre un cône très prolongé, ombré sur ses deux bords, et représentant, avec la ressemblance la plus parfaite, un cil vibratile des *microscopiques*, et cela pendant un espace de temps assez considérable, pour permettre de croire que le rapport de 45 à 17 a considérablement diminué par le mélange des deux liquides.

595. Les cils de l'organe respiratoire sont donc l'effet de la différence de densité de l'eau expirée. Or, il est facile d'admettre que, puisqu'il se dégage du calorique dans l'expiration des animaux d'un ordre supérieur, il s'en dégage aussi, quoique dans une proportion pour ainsi dire microscopique, pendant l'acte de l'expiration des animaux infusoires et des mollusques ; la différence de densité entre le liquide expiré et l'eau ambiante proviendrait donc de la différence de température.

596. Tous les organes qui semblent ciliés au microscope sont donc des organes de respiration[1] ; c'est là leur destination primitive et essentielle. Mais des organes de respiration, appartenant à des animaux suspendus dans un liquide, doivent nécessairement acquérir une destination accessoire et devenir des organes de locomotion ; car un animal qui aspire l'eau doit être à son tour pour ainsi dire attiré par l'eau, à peu près comme une barque, à la proue de laquelle on adapterait une pompe aspirante, avancerait par le seul jeu de la pompe. Si d'un autre côté l'animal vient à expirer l'eau, l'animal sera repoussé pour ainsi dire par l'eau qu'il repousse ; de la même manière que la barque reculerait si, au lieu d'une pompe aspirante, on faisait jouer à sa proue une pompe foulante. Combinons ensuite chez ces animaux l'aspiration avec l'expiration, il s'ensuivra que l'action d'avancer ou de reculer dépendra de l'excès de l'une de ces deux fonctions respiratoires sur l'autre ; et l'animal restera

(1) Ce qui ajoute encore à la démonstration, c'est qu'en observant attentivement le jeu de la lumière transmise à travers le bourrelet cilié du rotifère et de la vorticelle, à travers les tentacules de l'alcyonelle et les tubes des branchies des mollusques, on distingue dans leur intérieur un courant rapide, indice évident d'une circulation vasculaire. C'est même à la coïncidence de ce courant qu'est exclusivement due l'illusion qui a fait admettre deux roues en mouvement sur le rotifère : car l'esprit, embarrassé d'analyser le double phénomène que l'œil lui transmet à la fois, attribue aux cils le mouvement circulatoire dont les cils ne sont qu'une émanation.

gner d'air, a besoin d'être imbibé d'eau, et ses fonctions finissent par s'éteindre, si l'air qui lui arrive le trouve desséché, ou bien, ce qui revient au même, si l'atmosphère dans laquelle est placé l'animal n'est pas chargée d'humidité. C'est donc toujours par le véhicule de l'eau que l'air pénètre dans les cellules respiratoires.

601. Examiné au microscope, le *tissu respiratoire* se montre composé de cellules, dans l'interstice desquelles se glissent des vaisseaux chargés de soumettre le sang à l'action de l'inspiration, et de le ramener dans le corps, une fois vivifié par cette élaboration nouvelle. Ces cellules sont énormes chez la grenouille, et elles y sont toutes insufflées d'air.

602. Les deux grands lobes du poumon des animaux qui vivent dans l'air pourraient être considérés comme deux branchies (584), que la nature aurait placées dans l'intérieur de la cavité thoracique, afin que leur surface ne fût jamais privée de l'humidité propice à l'élaboration de ces organes délicats et indispensables à la vie.

§ 3. Phénomènes chimiques de la respiration.

603. Le produit de la respiration des vertébrés est de l'acide carbonique formé aux dépens de l'oxigène de l'air et du carbone du sang.

604. Crawford, Lavoisier, Gay-Lussac, Humboldt et Provençal, Despretz, etc., ont reconnu qu'une partie de l'oxigène de l'air était absorbé; mais Spallanzani et Scheele ont obtenu des résultats contraires.

605. Quant à l'azote de l'air, même divergence : Spallanzani, Pfaff, Davy, Henderson, Humboldt et Provençal ont vu une portion notable de ce gaz absorbée dans la respiration de l'homme et des mammifères; Dalton, Allen et Pepys sont d'un avis contraire. Ceux-ci à leur tour, ainsi que Berthollet, Nysten, Despretz et Dulong ont admis qu'il

gner d'air, a besoin d'être imbibé d'eau, et ses fonctions finissent par s'éteindre, si l'air qui lui arrive le trouve desséché, ou bien, ce qui revient au même, si l'atmosphère dans laquelle est placé l'animal n'est pas chargée d'humidité. C'est donc toujours par le véhicule de l'eau que l'air pénètre dans les cellules respiratoires.

601. Examiné au microscope, le *tissu respiratoire* se montre composé de cellules, dans l'interstice desquelles se glissent des vaisseaux chargés de soumettre le sang à l'action de l'inspiration, et de le ramener dans le corps, une fois vivifié par cette élaboration nouvelle. Ces cellules sont énormes chez la grenouille, et elles y sont toutes insufflées d'air.

602. Les deux grands lobes du poumon des animaux qui vivent dans l'air pourraient être considérés comme deux branchies (584), que la nature aurait placées dans l'intérieur de la cavité thoracique, afin que leur surface ne fût jamais privée de l'humidité propice à l'élaboration de ces organes délicats et indispensables à la vie.

§ 3. Phénomènes chimiques de la respiration.

603. Le produit de la respiration des vertébrés est de l'acide carbonique formé aux dépens de l'oxigène de l'air et du carbone du sang.

604. Crawford, Lavoisier, Gay-Lussac, Humboldt et Provençal, Despretz, etc., ont reconnu qu'une partie de l'oxigène de l'air était absorbé ; mais Spallanzani et Scheele ont obtenu des résultats contraires.

605. Quant à l'azote de l'air, même divergence : Spallanzani, Pfaff, Davy, Henderson, Humboldt et Provençal ont vu une portion notable de ce gaz absorbée dans la respiration de l'homme et des mammifères; Dalton, Allen et Pepys sont d'un avis contraire. Ceux-ci à leur tour, ainsi que Berthollet, Nysten, Despretz et Dulong ont admis qu'il

y avait dégagement d'azote; Edwards est d'avis qu'il y a simultanément absorption et exhalation.

606. Mais cette dissidence d'opinions entre tant d'auteurs, dont quelques-uns sont d'une grande autorité, vient certainement de la manière dont ils ont procédé à leurs expériences. Saigey [1] a donné une explication lucide des anomalies que présentent ces résultats : « Un gaz renfermé dans une enceinte où se trouvent des corps absorbans, comme les liquides et les corps poreux, se partage en deux portions : l'une, qui pénètre dans ces corps absorbans, et l'autre qui compose une atmosphère au dehors; ces deux portions se font équilibre par leur élasticité, qui pourtant est modifiée par la portion absorbée. La portion libre empêche la portion absorbée de s'échapper dans l'air, et la portion absorbée empêche la portion libre de pénétrer dans le corps; mais si l'on enlève en tout ou en partie la portion libre, la portion absorbée recomposera l'atmosphère en tout ou en partie. S'il existe plusieurs espèces de gaz ensemble, chacun agit pour son compte, comme si tous ceux avec lesquels il se trouve mélangé n'existaient pas. Or un animal est, dans toutes les parties de son système, un corps absorbant. Donc, si vous le placez dans l'oxigène pur, lui qui auparavant avait absorbé de l'air atmosphérique (*oxigène* et *azote*), il est évident que l'azote absorbé s'exhalera pour lui former une atmosphère, et l'on dira alors que l'azote a été expiré. Mais si vous le placez dans l'air atmosphérique, ce résultat n'aura pas lieu. Alors un autre pourra avoir lieu : en effet, lorsque l'oxigène de l'air se sera transformé en acide carbonique, en se combinant avec le carbone du sang, alors l'oxigène absorbé par le corps de l'animal redeviendra libre en plus ou moins grande quantité, selon l'espace limité dans lequel est plongé l'animal. » En conséquence, de toutes les expériences des auteurs ci-dessus ci-

(1) *Annal. des Sc. d'obs.*, tom. III, pag. 452. 1830.

tés, il ne reste qu'un seul résultat qui est incontestable : c'est que, dans l'acte de la respiration, le carbone du sang se combine avec l'oxigène de l'air atmosphérique, pour s'exhaler sous forme de gaz acide carbonique.

607. Les animaux à sang chaud et les insectes mêmes meurent avant d'avoir transformé l'oxigène de l'air en acide carbonique. Les vers au contraire ne périssent que lorsque l'air ne renferme plus d'oxigène.

608. Sans oxigène, l'animal meurt faute de combustion, c'est-à-dire faute d'oxigénation du carbone du sang ; dans l'oxigène seul, l'animal meurt par trop de combustion. L'air atmosphérique pur contient assez d'oxigène et assez d'azote pour épargner à l'animal l'un et l'autre de ces dangers. Quant aux autres gaz, on peut les diviser, sous ce rapport, en deux séries : en *asphyxians* et en *délétères*. Les *asphyxians* sont ceux qui n'altèrent aucunement les tissus respiratoires, et qui ne tuent que parce qu'ils ne sont pas l'oxigène : tels sont l'azote, l'hydrogène, le gaz oxide de carbone, le protoxide d'azote, etc. Les gaz *délétères* sont ceux qui altèrent les tissus, qui tuent ou qui nuisent même lorsqu'il sont mélangés à l'oxigène, tels sont le chlore, l'iode, l'hydrogène sulfuré, l'hydrogène arséniqué, l'acide sulfureux, et même l'acide carbonique, ainsi que l'a déjà démontré Fontana. Aussi, dans l'asphyxie par le charbon, a-t-on lieu de remarquer que l'animal éprouve des convulsions violentes, lorsque l'air est vicié par du charbon qui s'allume, et qu'il s'endort au contraire paisiblement du sommeil de la mort, lorsque l'air est vicié par la braise. Car dans le premier cas le produit est principalement de l'acide carbonique, et dans le second de l'oxide de carbone.

SEPTIÈME ESPÈCE : TISSUS EMBRYONNAIRES.

609. J'entends par *tissus embryonnaires*, non-seulement les organes qui ne doivent point survivre à la vie fœtale,

mais encore tous les organes que je viens de décrire dans l'adulte, avec les modifications qui les caractérisent aux portes de la vie. Ces tissus ont été peu ou point étudiés chimiquement; et pourtant c'est là que se concentrent, comme dans un foyer microscopique, tous les phénomènes de la vie animale; aussi est-ce pour cette raison que la chimie, avec ses procédés en grand, n'y a rien découvert. Que la nouvelle méthode reprenne donc le sujet! je vais lui en préparer les voies, en décrivant avec ordre la structure de ces organes éphémères.

§ 1. Analogie chimique entre l'embryon végétal et l'embryon animal.

610. Nous avons vu que le plus grand nombre des ovaires et ovules végétaux se colorent en purpurin quelquefois très intense dans l'acide sulfurique concentré (335), et que par conséquent ces organes renferment simultanément du sucre et de l'albumine.

611. Or il en est exactement de même de toutes les membranes de l'utérus à l'état de gestation, à l'exception des trompes de Fallope: les ovaires, corps jaunes et ovules, le chorion et ses fibrilles, la membrane de l'amnios, tous les tissus externes ou internes du fœtus (muscles, nerfs, viscères, cordon ombilical, derme et épiderme), l'embryon de l'œuf de poule, enfin tout ce qui appartient à l'appareil compliqué de la vie utérine, se colore en purpurin dans l'acide sulfurique concentré. Mais une fois la gestation finie, l'utérus perd cette propriété, ainsi que les tissus du jeune animal une fois transmis à la vie extra-utérine. Il faut alors ajouter du sucre à l'acide, pour communiquer à ces tissus adultes la couleur purpurine des tissus du fœtus. J'ai même essayé en vain de colorer, avec de l'acide fortement sucré, les organes de la génération d'une femme morte à un âge un peu avancé.

612. C'est peut-être à l'époque de la vie fœtale que les végétaux et les animaux ont entre eux le plus d'analogie.

§ 2. Histoire de l'ovule.

613. L'ovule est une cellule (176) de l'ovaire, qui s'infiltre de substances organisatrices, et reste stationnaire, jusqu'à ce que le fluide fécondant vienne, pour disposer son contenu à l'organisation et la détacher elle-même de son tissu cellulaire. L'ovule porte alors l'empreinte de son point d'attache (352) que nous avons déjà nommé le *hile*, et que les physiologistes ont nommé *cicatricule*. Au même instant, si aucune chance défavorable ne dévie l'ovule, et ne le condamne ainsi à végéter et à mourir par une gestation extra-utérine, les trompes de Fallope le reçoivent comme un cornet reçoit un volant, et le transmettent à l'intérieur de l'utérus, contre les parois duquel il va bientôt s'appliquer par un point quelconque de sa surface, pour absorber, au profit de son propre développement, les sucs nourriciers transmis à ses organes par la surface maternelle. Chez les animaux ovipares, l'œuf arrive au dehors pour se développer, non plus par la gestation, mais par l'incubation. Chez ces derniers l'œuf se compose d'un blanc ou *albumen* (429), d'un jaune ou vésicule centrale dont on obtient de l'huile par la pression; et d'un *vitellus* ou embryon appliqué contre le jaune. Le tout est recouvert d'une pellicule plus ou moins opaque, et en outre, chez les oiseaux, d'une coquille blanche contenant, d'après Vauquelin : carbonate de chaux, 89, 6 ; phosphate de chaux et de magnésie, 5, 7 ; substance animale renfermant du soufre, 4, 7 ; et une trace de fer. Chez les vivipares au contraire, et par exemple chez l'homme, l'œuf se compose 1° d'une vésicule externe (*chorion*) qui ne tarde pas à se couvrir de fibrilles; 2° d'une vésicule interne (*amnios*), appliquée par un point sur la paroi de l'externe; c'est dans l'intérieur de celle-ci que l'embryon se trouve, nageant dans les eaux qui la distendent, et attaché à sa pa-

roi par un cordon assez long que l'on nomme *cordon ombilical*. Chez l'homme la portion du *chorion* qui correspond à l'insertion du cordon ombilical s'attache à l'*utérus*, grossit comme un gâteau, et détermine à son tour un épaississement sur les parois utérines; ces deux gâteaux se nomment *placentas*. Chez les ruminans au contraire, les *placentas* sont plus nombreux, et ils affectent la forme de gros boutons, disséminés çà et là, à une assez grande distance les uns des autres. Lorsque le fœtus est arrivé à un certain degré de développement, alors l'amnios et le chorion crèvent, les eaux s'écoulent, et l'animal, poussé au dehors par les contractions de l'*utérus*, abandonne la vie parasite, pour venir suffire à son existence par la digestion et la respiration. Telle est l'histoire succincte et la nomenclature des principaux organes de l'œuf; voici leur structure spéciale.

§ 3. Ovule humain non fécondé.

614. L'ovule non fécondé est, chez la femme, enchâssé dans un organe qu'on nomme ovaire. Il se compose d'une vésicule à parois coriaces, mais transparentes, de 2 ou 3 millimètres de diamètre, remplie d'un liquide albuminoso-sucré (452) dans lequel on ne remarque encore aucune trace d'organisation. Cependant il m'a été présenté un jour un ovaire, dans lequel se trouvait un ovule, qui offrait dans son intérieur l'image d'un embryon microscopique d'une grande blancheur. Ce corps blanc y faisait, à la moindre pression, les mêmes pirouettes que le fœtus dans le liquide qui distend ses enveloppes. J'eus le malheur de le désorganiser en le disséquant. Après la fécondation, l'ovule est remplacé par le développement d'un corps jaune dont l'analyse est encore à faire, et il va se développer lui-même dans l'intérieur de l'*utérus*.

§ 4. Structure du chorion humain (613).

615. Dans le principe la surface du chorion est lisse; elle

devient ensuite lanugineuse, en se couvrant de fibrilles arborisées, qui produisent le plus joli effet, lorsqu'on leur permet de s'épanouir et de se balancer, en plaçant l'œuf dans l'eau. A cet âge très peu avancé, l'œuf est encore entièrement libre.

616. Les fibrilles examinées au microscope se présentent avec la forme dont j'ai dessiné une sommité, pl. 8, fig. 6. Le sujet était conservé depuis long-temps dans l'alcool; aussi le trouve-t-on couvert de granulations qui peuvent être de simples globules huileux déposés sur la surface, par l'évaporation d'une partie de l'alcool qui les avait soutirées à l'intérieur de ces organes. Le tronc amputé (*a*) se subdivise en rameaux dont les sommités sont arrondies en massues (*b*); chacun de ces rameaux donne naissance à des tubercules (*c*) enflés vers le milieu et terminés à leur tour en massue; ce sont les rudimens de nouveaux rameaux, qui se subdiviseront comme les autres, en se développant. On voit (fig. 1) l'insertion (*c*) de l'un de ces troncs (*a*) sur la surface externe du *chorion* (*b*). La fig. 2 représente, par réfraction, les insertions (*b*) des rameaux secondaires (*a*) dans l'intérieur même de la substance des troncs principaux, dont la partie corticale a été exprès déchirée, pour rendre le phénomène plus perceptible.

617. A cette époque nul vaisseau ne se montre dans ces organes, ainsi que le prouvent soit l'organisation des tronçons que nous venons de disséquer, soit une coupe transversale d'un tronc (fig. 7). Car ni la partie corticale (*a*), ni la partie centrale (*b*), n'offrent pas la moindre solution de continuité vasculaire. Il ne faudrait pas confondre avec l'image d'un vaisseau réel les plis anastomosés qui se forment par la dessiccation de ces organes contre une plaque de verre, et dont l'aspect est indiqué par la fig. 3. En effet, une goutte d'eau suffit pour faire disparaître ces images illusoires.

618. Le développement par emboîtement que nous avons déjà constaté sur une foule d'organes (490) se représente

ici de la manière la plus évidente. La fig. 8 en effet nous offre une partie corticale externe (*a*), susceptible de se détacher en rubans (*b*) par le déchirement; une couche plus interne (*c*), plus transparente que l'externe, et enfin un emboîtement central (*d*) qui se révèle par une ombre longitudinale à travers l'emboîtement (*c*) [1].

619. Tout à coup un certain nombre de ces fibrilles sont attirées par la surface de l'utérus, en vertu d'une aspiration réciproque; et dès ce moment une révolution s'opère dans leur structure; car ces organes vont remplir des fonctions. On voit, en effet, chaque rameau (pl. 8, fig. 9), tout en se feutrant par un développement progressif, se canaliculer dans le centre, et présenter là un vaisseau qui va communiquer avec le vaisseau du rameau principal; je dis un seul vaisseau central (*a*), ce qui distingue ces sommités d'organes de tous les autres organes vasculaires, où l'on trouve toujours au moins deux vaisseaux, l'un afférent et l'autre déférent (pl. 8, fig. 4, 11). Si, sur certains troncs communs (*b*) à plusieurs ramilles, on aperçoit deux ou plusieurs vaisseaux, on remarque qu'ils n'ont aucune communication entre eux, et qu'ils cheminent de front, pour aller se dégorger dans un vaisseau commun qui se rend au *chorion*. A cette époque de la gestation, si l'on injecte par le cordon ombilical, les injections arrivent, par les vaisseaux du *chorion*, dans toutes ces fibrilles, et rendent encore plus évidente l'unité des vaisseaux dans chaque rameau. Mais elles s'arrêtent à une certaine distance du sommet; et on ne voit jamais le liquide injecté se faire jour, à travers les parois terminales, pour passer dans la substance de l'utérus; si l'injection produit une déchirure à ces sommités, le liquide injecté se répand au dehors.

(1) J'ose me flatter d'avoir représenté, dans ces figures, jusqu'aux plus légers accidens que je pouvais observer au microscope, à un grossissement de cent diamètres.

620. A chaque extrémité (*cccc*, fig. 9), on remarque encore les traces du renflement que nous avons déjà remarqué (*bbb*, fig. 6) sur les fibrilles non vasculaires (616)[1]; et à l'ombre qui se projette par le centre du renflement, il est impossible de méconnaître la présence d'un organe soit aspirateur (590), soit élaborateur, qui donne naissance au vaisseau lui-même. Les branchies des *moules de rivière* offrent une structure analogue, et l'on peut se les figurer comme un assemblage de sommités de ramilles du chorion, parallèlement agglutinées entre elles.

§ 5. Formation des placentas.

621. Toutes les fibrilles du chorion qui ne se mettent pas en communication avec l'utérus tombent, c'est-à-dire se décomposent et disparaissent; et celles-là, en se ramifiant d'une manière pour ainsi dire illimitée, finissent par composer une grosse masse feutrée, que l'on nomme le *placenta fœtal* (613).

622. Mais la faculté d'aspiration réciproque de l'utérus et de chaque fibrille n'étant point limitée à un point plutôt qu'à un autre de leurs surfaces respectives, il est évident que la substance de la partie de l'utérus qui correspondra au gâteau feutré du *placenta fœtal* devra recevoir, dans sa structure, des modifications qu'il importe d'évaluer. Or, soit une sommité de fibrille B (pl. 8, fig. 10) aspirée par la surface de l'utérus A, l'aspirant à son tour, et s'en approchant de plus en plus; par suite de cette double aspiration (598), il est évident que le point *a'* de la fibrille et le point *a* de l'utérus se rapprocheront l'un de l'autre, que le point

(1) Chez la truie, au lieu de ces fibrilles ramifiées, le chorion n'offre que de petits globes disposés en quinconce, et ayant environ deux millimètres de diamètre, qui paraissent les analogues sessiles des sommités des fibrilles du chorion humain. Au microscope ces petits organes, enchâssés dans la substance réticulée du chorion, paraissent comme de grandes sphères enchâssées dans un marbre gris veiné de large veines d'une couleur plus foncée.

b' de celle-là et le point *b* de celle-ci se rapprocheront de même, et qu'il en sera de même entre les points *c'*, *d'*, *e'*, *f'*, *g'*, *h'*, d'un côté, et les points *c*, *d*, *e*, *f*, *g*, *h*, de l'autre; de sorte que la surface de l'utérus cessera d'être unie, et recevra bientôt chaque fibrille dans des enfoncemens qui ne seront que la contre-empreinte des reliefs de celle-ci; cette surface ainsi vermiculée constituera le *placenta* utérin. Eh bien! c'est ce qu'on a lieu d'observer, quand on cherche attentivement à décoller les deux placentas, chez la femme, ou chez les femelles des ruminans. On voit en effet chaque pinceau de fibrilles sortir de son entonnoir, en y laissant les empreintes ramifiées de toute sa structure externe, et même de ses plus petits mamelons. L'intérieur de cet entonnoir, quand l'organe utérin est dans son état normal, n'offre partout que des surfaces lisses, et sans la plus légère trace de déchirement qui soit capable d'indiquer une adhérence intime des fibrilles.

623. D'après cette théorie nouvelle, et les rapprochemens auxquels elle vient de donner lieu, le *placenta fœtal* ne serait qu'une vaste branchie de l'œuf; et l'on pourrait considérer celui-ci comme la larve de l'homme, larve parasite dont les enveloppes renfermeraient l'animal parfait, de même que la chenille et ensuite la chrysalide renferment le papillon [1].

624. A cette époque les poumons et l'estomac du fœtus sommeillent, les produits de l'élaboration branchiale arrivent au foie qui leur sert d'organe digestif, et qui les rend tout élaborés au canal intestinal, dont les fibrilles (579) les aspirent à leur tour pour en nourrir et en accroître le corps.

(1) Les fibrilles du placenta ne jouent là pas d'autre rôle que les papilles vasculaires des intestins (579); car celles-ci aspirent les sucs chilifiés que leur transmet la partie supérieure de l'organe, comme les fibrilles du placenta aspirent les sucs nourriciers transmis par l'utérus. En me servant du mot *suc*, je n'entends pas décider que ces organes ne puissent pas recevoir la substance dont ils doivent nourrir le corps, sous une forme gazeuse et à l'état d'acide carbonique par exemple, ce qui rapprocherait la nutrition animale de celle des végétaux (235).

Comme ici il n'y a point de *caput mortuum*, il n'y a point de fèces. Et, même jusqu'à une certaine époque plus ou moins éloignée de la parturition, on remarque que toutes les ouvertures par lesquelles l'animal doit se mettre un jour en rapport avec le monde extérieur sont exactement recouvertes par une membrane dermoïde, qui enveloppe tout le corps sans aucune solition de continuité; cette membrane, dont j'ai représenté un fragment pl. 8, fig. 12, sur un embryon de 10 centimètres, se détache tôt ou tard et finit par se déliter dans les eaux de l'*amnios;* on voit qu'elle se compose d'un épiderme (*b*) infiniment transparent, et d'un derme (*a*) plus épais et plus granulé.

625. On remarque que l'insertion du cordon ombilical sur le chorion occupe toujours le centre du gâteau placentaire (pl. 8, fig. 14, *c, c*); il ne faudrait pas inférer de là que l'adhérence de l'œuf à l'utérus commence toujours par ce point; peu importe en effet que l'adhérence commence par le point (*a*) ou (*d*); il est aisé de concevoir que le cordon ombilical, étant le centre d'action, devra toujours finir par devenir le centre de position.

§ 6. Théorie du développement vésiculaire appliquée à l'évolution de l'embryon des mammifères (174).

626. L'ovule a été primitivement une cellule (614) née sur la paroi intérieure d'une cellule plus grande, faisant partie du tissu cellulaire de l'ovaire. Cette cellule-*ovule* a donné naissance, à son tour, par les globules de ses parois, à une autre cellule plus interne qui s'infiltre d'un liquide organisateur; en sorte que, lorsque la fécondation vient à détacher cette *cellule-ovule*, elle se compose de deux vésicules, l'une externe (*chorion*), et qui, devenant crétacée (613) chez certains animaux, prend le nom de coquille, et l'autre interne (*amnios*). Mais celle-ci, sous l'influence de la même cause, donne naissance, par un globule auparavant invisible de ses parois, à une nouvelle cellule dont le *hile*

(352) s'allonge de plus en plus et reçoit le nom de *cordon ombilical*. La cellule qui le termine s'organise avec les matériaux que lui transmet la branchie placentaire (613), et de jour en jour ses organes se développent et se rapprochent du *type normal* qui l'a fécondée. Voici comment je conçois maintenant l'évolution embryonnaire en général. La vésicule externe produit symétriquement deux cellules internes A qui viennent en tapisser toute la surface, en s'aplatissant de chaque côté; elles se touchent par la partie antérieure; et, par la partie postérieure, elles sont tenues écartées l'une de l'autre, par le développement d'une troisième cellule B interne, qui s'allonge sans s'élargir autant qu'elle; celle-ci est la boîte de l'encéphale. Chaque cellule A donne naissance à deux cellules, l'une supérieure C et l'autre inférieure D. Les deux cellules C forment les deux cavités thoraciques où viennent se loger les deux poumons, et le médiastin qui n'est que l'agglutination de leurs parois. Les deux cellules D forment les deux régions latérales de la cavité abdominale, et donnent naissance, l'une à l'organe du foie, et l'autre à l'organe de la rate, etc. Le point commun, où ces quatre cellules C C D D se rencontrent, forment le diaphragme, au centre duquel se dessine pour ainsi dire leur interstice, par une tache aponévrotique. Mais bientôt ces quatre cellules se dédoublent dans le sens de leur longueur, pour donner passage au canal intestinal, qui, en augmentant de capacité, finit par refouler les deux cellules abdominales D, l'une vers la région droite et l'autre vers la région gauche; et l'abdomen ne présente plus alors qu'une cavité. Cependant l'organe nerveux pousse diverses paires de prolongemens, dont une paire s'allonge vers la partie postérieure, pour y former un seul faisceau, d'où partiront symétriquement de nouvelles paires de troncs nerveux. Chaque tronc nerveux s'insinue entre les parois des cellules, pour se rendre à l'extérieur du corps, et par le *hile* (428) des cellules pour aller animer les organes qu'elles recèlent. Les troncs de la paire

supérieure se font jour à travers la fente des paupières pour s'y développer en organes optiques; et là l'emboîtement le plus externe s'arrondit en choroïde, en cornée opaque et transparente; le second emboîtement en rétine; le troisième vient former par-devant la chambre de l'humeur aqueuse; le quatrième, la région cristalline; le cinquième s'organise en corps vitré, et les emboîtemens centraux en foyer chargé de transmettre l'image à l'organe de la pensée. Les troncs d'une paire suivante viennent s'épanouir en organe olfactif, deux autres en organe auditif, deux autres se disséminer sur la langue et dans différentes régions de la cavité buccale en papilles du goût; enfin toutes les autres vont se distribuer entre toutes les cellules du derme, pour s'organiser en papilles du tact[1], en poils, en cornes, en plumes et en ongles, etc. Mais toutes les cellules ont besoin, pour élaborer d'autres cellules, d'aspirer à chaque instant des substances organisatrices; aussi se dédoublent-elles encore pour donner passage à un liquide, et former ainsi un canal avec leurs parois; or comme cette propriété d'aspirer est inhérente à toute leur périphérie (598), ce fleuve de la vie ne manquera pas de devenir circulaire; et s'étendant de proche en proche, appelé par de nouvelles cellules, il formera bientôt un vaste réseau sur la vésicule externe d'un organe, puis s'introduira par le *hile* (428) dans les parois de la vésicule et des vésicules plus internes; enfin avec ce mécanisme il finira par envahir de son vaste réseau l'économie tout entière du corps. Le cœur double ou simple ne sera qu'un réservoir plus actif de ce grand cercle, et les reins en seront deux filtres, qui, par l'appareil urinaire, en verseront le rebut au dehors. Parmi les cellules de nouvel ordre dont se composeront les cellules principales, les unes pourront se solidi-

(1) Les cavités qu'on voit si régulièrement rangées sur les rides de la région palmaire de la main, et que Schroeter avait prises pour les pores de la sueur, ne sont que ces papilles nerveuses, débordées par les cellules qu'elles ont dédoublées. (Voy. *Répert. génér. d'anat.*, tom. IV, pl. 7, fig. 4, 5, 6.)

fier en s'incrustant, et formeront des leviers que l'on désignera par le mot d'*os* (544), et les autres conservant leur propriété de se contracter, en restant attachés aux os, formeront tout autant de ressorts dociles à la volonté. Enfin de la surface externe de cette boîte vivante, pourront surgir des vésicules appendiculaires, qui s'organiseront par un mécanisme analogue, et qui apparaîtront, par les modifications de leur structure, sous la forme de bras et jambes chez les mammifères, d'ailes chez les oiseaux, et de nageoires chez les poissons. Je dois laisser à l'anatomie réformée, le soin de poursuivre les applications de cette théorie dans tous ses détails.

627. Mais j'ose dire qu'avec son secours tous les animaux sont ramenés à un même type primitif, depuis le mammouth, jusqu'au vibrion qui se dérobe par sa petitesse à la perspicacité de l'observateur (497). L'embryon humain, à une certaine époque, s'est trouvé réduit à la petitesse du vibrion; et l'analogie (176), nous indique que sa structure était alors tout aussi compliquée qu'aujourd'hui.

§ 7. Membrane caduque de l'utérus.

628. J'ai déjà établi que toutes les surfaces soit externes, soit internes d'un organe, ayant une fois rempli les fonctions qui leur sont propres, se détachent, se désagrégent, et font place à la couche qu'elles recouvrent; ainsi le canal intestinal revêt le *caput mortuum* alimentaire de la membrane qui a servi à en aspirer les sucs nourriciers (614). Or, l'*utérus*, organe qui, ainsi que la vessie et le canal des intestins, ne doit être considéré que comme un organe *interstitial* (626), s'il m'est permis d'employer ce mot [1], l'*utérus* qui, à l'époque de la gestation, surpasse en développement,

(1) On a déjà fait la remarque que l'organe femelle n'était que l'organe mâle modifié et renfoncé dans le corps. Cette analógie est aussi frappante que celle des organes mâles et femelles des végétaux.

en élaboration, en vitalité enfin, tous les autres organes de la vie, l'*utérus*, dis-je, doit se dépouiller successivement de ses couches, à mesure qu'elles ont suffi à leur élaboration; de là l'origine de ces membranes si peu constantes, et dont les divers caractères échappent aux uns pour se montrer à d'autres, que les anatomistes ont appelées *caduques*, mais sur lesquelles en général on trouve toujours les traces vasculaires d'une ancienne adhérence aux parois de l'*utérus*, et surtout celles des trois ouvertures de cet organe. Entre l'*utérus* et le *placenta* du chorion, la surface *utérine* ne peut se détacher; car il faudrait pour cela que les placentas se détachassent eux-mêmes; mais elle désagrége ses cellules, qui sont bientôt entraînées le long des fibrilles (616) du *placenta fœtal*. Sur toutes les autres faces de l'organe maternel, au contraire, la membrane venant à se détacher librement et à souder les bords de ses trois ouvertures, elle paraît alors comme un dédoublement entre lequel l'œuf se serait glissé; c'est ce que les physiologistes ont nommé la caduque réfléchie. Mais j'ai lu tout ce qu'ils ont écrit, j'ai cherché à voir de mes yeux tout ce qu'ils ont dit voir; et je suis resté convaincu qu'ils ont pris, pour des circonstances de l'histoire de cet organe, des accidens infiniment variables ou des cas maladifs. Au reste, chez les animaux autres que l'homme, ce dédoublement de surface utérine n'a pas lieu d'une manière aussi saillante que chez l'homme; et il est curieux d'observer le désappointement des anatomistes qui cherchent à vous le montrer sur la brebis, la vache, la truie, etc.

629. En conséquence la *membrane caduque* de l'*utérus* n'est que l'analogue des *membranes caduques*, qu'on me passe cette expression, des intestins, de la vessie, et de toutes les surfaces muqueuses.

630. Sous l'influence des mêmes lois, le *chorion* doit s'exfolier, par sa surface externe, et avoir ainsi sa membrane caduque.

HUITIÈME ESPÈCE : TISSUS FRANÇAIS.

631. Je ne comprendrai pas, sous ce nom, l'ensemble des animaux libres que l'on peut trouver dans les organes d'un animal vivant, ses intestins, son sang, etc., et que l'on désigne sous la dénomination générale d'*helminthes* ou *vers intestinaux*. Ce que j'aurais à en dire rentrerait dans le domaine de l'anatomie comparée [1]. Je ne veux parler que de ces productions anomales et pourtant régulièrement organisées, qui naissent dans l'intérieur d'un viscère, et qui semblent faire partie intégrante de son tissu : *hydatides du cerveau*, par exemple. L'analyse de ces corps est encore à faire d'une manière philosophique; et je vais, à ce sujet, donner un exemple des méprises que l'on s'expose à commettre quand on isole, en les étudiant, le chimiste de l'anatomiste.

§ 1. Corps blancs qui se forment dans un kyste, au niveau de l'articulation du poignet.

632. Depuis 1717, les chirurgiens ont eu dix à douze fois l'occasion d'observer, au niveau de l'articulation du poignet, une espèce de tumeur enkystée, divisée intérieurement en deux poches communiquant entre elles, et dans le liquide desquelles flottent librement des petits corps blancs, lisses, élastiques, quoique durs, ovoïdes, gibbeux ou obscurément triangulaires, et de la grosseur d'un pepin de poire. La fig. 1 de la pl. 10 les représente légèrement grossis.

633. Ces corps étaient-ils des concrétions organiques al-

(1) Je renvoie mes lecteurs à l'esquisse chimique que j'ai publiée de l'analyse de ces corps, dans un *Mém. sur l'alcyonelle*, § 52, tom. IV des *Mém. de la Soc. d'hist. nat. de Paris*, et dans mon travail sur les *strangylus*, tom. II, pag. 244 des *Annal. des Sc. d'obs.*, 1829. On s'y convaincra, je le pense, que les réactifs chimiques sont souvent capables de faire découvrir des organes que le scalpel n'aurait jamais pu aborder.

bumineuses ou de *toute autre nature*, comme l'avaient décidé, après un simple examen, Bosc, Duméril et Cuvier? Ou bien étaient-ce des corps organisés, comme le soupçonnait Dupuytren? C'est ce que ce dernier m'a mis à même de vérifier en 1830, en me faisant remettre un bocal plein de ces corps[1].

634. Ces corps (pl. 10, fig. 1) varient de forme à l'infini : par leur aspect extérieur, ils ressemblent assez à des reins de poulet ; mais ils ne sont jamais réniformes, et n'offrent, sur leur surface, aucune solution de continuité ni aucune trace d'adhérence ; ils peuvent acquérir jusqu'à un centimètre en longueur. Des coupes transversales permettent de deviner que ces corps sont formés d'emboitemens concentriques qu'on ne peut isoler mécaniquement, dont les externes sont forts, membraneux et résistans, et les plus internes ont une consistance gélatineuse ; enfin offrant tous, avec beaucoup de vague, une organisation cellulaire (pl. 10, fig. 5), aux yeux de celui qui a acquis une certaine habitude d'observer les jeunes ovules des plantes avant la fécondation (614).

635. Placés dans une cuiller de platine, au-dessus de la lampe à alcool, ces petits corps éclatent et sont rejetés au loin; ils répandent une odeur d'œuf brûlé ; ils noircissent, fondent et se boursoufflent pour se réduire en un charbon spongieux d'un aspect métallique, et qu'il est très difficile d'incinérer.

636. Les cendres paraissent ne rien céder à l'eau et ne la rendent ni acide, ni alcaline. L'eau qui a séjourné sur elles n'est précipitée ni par le nitrate d'argent, ni par l'oxalate d'ammoniaque, ni par le nitrate de baryte. Les acides minéraux les dissolvent sans résidu et sans effervescence sensible ; et alors l'oxalate d'ammoniaque y occasionne un précipité blanc cristallin.

637. L'éther bouillant n'enlève rien à ces corps blancs ; l'eau bouillante les durcit.

(1) *Lycée*, numéro du 20 octobre 1831, pag. 5 9.

638. L'eau froide dissout une substance soluble qui est de l'albumine (434), et dans laquelle le nitrate d'argent occasionne un précipité blanc caillebotté, devenant violâtre au contact de l'air. L'oxalate d'ammoniaque, l'infusion de noix de galles, le nitrate de baryte, le muriate de platine et l'acide sulfureux n'y produisent aucune indication ; le sous-acétate de plomb y occasionne un précipité albumineux.

639. Après un certain séjour dans l'eau pure, ces corps finissent par se désorganiser, et par se résoudre en particules comme lamelleuses, qui occupent le fond du vase sous forme d'une poudre furfuracée.

640. Les fragmens de ces corps blancs durcissent et jaunissent dans l'acide sulfurique concentré, et ils y deviennent purpurins par l'addition d'un peu de sucre. L'acide sulfurique détermine en même temps une légère effervescence, après laquelle on remarque au microscope de petites aiguilles de sulfate de chaux.

641. En conséquence, ces corps blancs sont entièrement formés d'albumine, dans les deux états qui constituent l'organisation de l'albumine de l'œuf de poule (434), c'est-à-dire à l'état de tissu et à l'état de substance soluble. Les sels qu'ils renferment sont : le phosphate de chaux, l'hydrochlorate d'ammoniaque, le carbonate de chaux qui disparaît à l'incinération, sans doute parce qu'il existe aussi, au sein de cette substance, du phosphate d'ammoniaque, dont l'acide, pendant la combustion, se porte sur la chaux. Je n'y ai trouvé ni fer, ni potasse, ni huile en quantité appréciable.

642. La structure et l'analyse de ces corps blancs devaient me porter à les considérer, non pas comme des animaux parfaits, mais comme des espèces d'œufs dont l'animal était encore à trouver. Au lieu donc de m'arrêter à l'étude de ces corps exclusivement, je fixai spécialement mon attention sur tous les débris que pouvait renfermer le bocal, et j'y découvris des espèces de petits paquets mollasses, bosselés et aplatis, que je comparerais presque à cer-

tains fragmens de la graisse d'oie, écrasés entre deux lames de verre, ou plutôt, et ici l'analogie était complète, aux paquets de polypes que j'ai décrits dans mon histoire de l'*alcyonelle des étangs*[1]. Ces fragmens (pl. 10, fig. 2, 3, 4) avaient jusqu'à 2 centimètres de long; mais très souvent ils n'atteignaient que 5 à 6 millimètres. Leur consistance variait sur divers points de leur surface; mais elle était d'autant moindre que l'on en voyait surgir, au dehors, plus de tubercules (fig. 3, *a*). On trouvait enfin d'autres corps qui formaient les passages les plus variés entre les corps blancs ovoïdes (634) et les paquets aplatis (fig. 4).

643. L'étude particulière que j'avais faite des polypes m'avait appris qu'après la mort de ces animaux inférieurs, tous leurs organes extérieurs se retirent en dedans et se dérobent aux yeux, mais qu'alors même on pouvait, de nouveau, les rendre visibles, en comprimant la masse avec une petite pointe, que l'on a soin de faire glisser horizontalement d'arrière en avant. Par ce procédé, je parvins à dérouler de l'un de mes paquets polypiformes un long cou qui me parut terminé par une bouche (pl. 10, fig. 6, *a*), sur laquelle je ne remarquai ni suçoirs, ni crochets. Mais on voyait distinctement, sur ce prolongement, des fibres parallèles et élastiques, analogues à celles que l'on observe en étirant le corps de l'alcyonelle. L'analogie ne me permettait donc plus de douter que j'avais sous les yeux, non des concrétions brutes et inorganisées, mais un animal de nouvelle espèce, dont les corps blancs, les seuls qui jusqu'ici aient fixé l'attention des observateurs, étaient les œufs. Je dois m'arrêter là sur l'histoire de ce nouveau genre d'hydatides, en invitant les chirurgiens à examiner, lorsque le même cas s'offrira à leur pratique, si l'intérieur de chacune des deux poches enkystées (632) ne présenterait pas quelque caractère propre à établir que ces poches se sont formées par le

(1) Pl. 15, fig. 7, tom. IV des *Mém. de la Soc. d'his. nat. de Paris.*

développement de l'un ou de deux de ces animaux, lesquels, jouant réciproquement l'un envers l'autre les rôles de mâle et de femelle, produiraient des œufs qui, en se développant à leur tour, remplaceraient les premières poches, ou plutôt leurs mères distendues et finissant par s'oblitérer en forme de poche.

644. En attendant, je me suis cru en droit de désigner cette espèce de corps, par le nom d'*ovuligère de l'articulation du poignet*, genre nouveau intermédiaire entre l'*hydatide proprement dite*, ou vessie kysteuse, contenant un ver libre presque toujours solitaire, et le *cénure* ou vessie kysteuse, contenant plusieurs vers groupés, adhérens à la poche.

NEUVIÈME ESPÈCE : TISSUS SPONTANÉS.

645. Je ne désignerai pas sous ce nom les formations membraneuses qui naissent sous nos yeux, pour ainsi dire spontanément, parce que nous ignorons encore leurs moyens de reproduction, mais pourtant avec des organes d'une forme assez constante pour repousser toute hypothèse qui tendrait à en attribuer le développement au hasard. J'entends, par *tissus spontanés*, des formations irrégulières qui s'étendent peu à peu en membranes à la surface du liquide, et qui paraissent bientôt comme fourmillant de milliers d'infusoires qui s'agitent dans leur tissu.

646. Des cryptogamistes ont vu, dans ces circonstances, de quoi créer un nouveau règne d'êtres organisés, intermédiaire entre le règne végétal et le règne animal, en ce que le développement de leur tissu ne serait que le résultat de l'addition, bout à bout, du corps de chacun de ces animalcules, passant ainsi, comme par enchantement, de la vie animale à la vie végétale. Mais cette métamorphose est, ainsi que toutes celles de la fable, le produit de l'imagination qui s'amuse à chercher, dans le domaine du merveilleux, l'origine de circonstances toutes naturelles.

647. Car, lorsque l'eau renferme des animaux ou des

plantes, elle se charge de la partie albumineuse (453) ou glutineuse (288) qui est rendue soluble à l'aide d'un acide ou d'un alcali. Ces acides et ces alcalis se forment en abondance, pendant toutes les phases de la décomposition des corps organisés. Voilà donc tôt ou tard l'eau saturée d'albumine liquide. Mais bientôt aussi cette albumine va tendre à se coaguler, par l'évaporation soit de l'eau même qui lui sert de dissolvant, soit des acides ou alcalis qui lui servent de menstrue ; et on la verra se réunir à la surface, sous forme de membranes d'une grande blancheur et d'une grande diaphanéité. Cette coagulation en apparence spontanée ne pourra-le plus souvent avoir lieu, sans emprisonner, comme dans un filet, un plus ou moins grand nombre d'animalcules, qui, se ruant les uns auprès des autres pour trouver une issue, pousseront devant eux la cellule albumineuse dans des directions diverses, et en lui imprimant des contours différens. Cette membrane deviendra peu à peu d'autant plus visible que tous ces mouvemens intestins la plisseront davantage, et que, sous l'influence des causes ci-dessus exprimées, ses couches se multiplieront.

648. Telle est l'origine, non-seulement de ces métamorphoses apparentes, mais encore de toutes ces masses filantes et quelquefois d'une blancheur éclatante, que l'on trouve soit à la surface, soit dans la vase des eaux stagnantes. Je ne sais pas s'il n'y aurait pas trop de témérité de ma part à assigner la même origine et le même mécanisme de formation à ces espèces de longs fils d'araignées, que l'on voit presque tout à coup voyager dans les airs ou s'attacher à divers corps, et que l'on désigne, dans le vulgaire, sous le nom de *la bonne vierge qui file*. Je ne trouverai rien de surprenant à ce que l'albumine puisse rester dissoute en certaine quantité dans l'humidité de l'atmosphère, à l'aide des acides ou alcali volatil qui s'exhalent dans les airs, et qui abandonneraient ensuite la substance animale, en se neutralisant. Ce qu'il y a de certain, c'est que jusqu'à présent

toute autre explication a échoué contre l'observation raisonnée de ce phénomène.

649. Quant aux générations spontanées, mon opinion, qu'il serait trop long d'exposer ici, est qu'elles ont lieu dans la nature, en ce sens que les corps éprouvent de bas en haut des modifications insensibles et pour ainsi dire séculaires, modifications qui, prises à certaines distances éloignées, offrent des caractères génériques assez distincts pour se classer, dans nos systèmes, comme tout autant de créations différentes. Mais qu'est-ce que la vie de plusieurs générations consécutives, quand il s'agit de suivre la marche lente et graduée de ces gradations d'existences [1]?

(1) Je suis bien loin d'avoir épuisé, dans cette classification, la liste des tissus qui varient de forme et de fonctions; je ne me suis occupé que de ceux sur lesquels j'avais quelque chose de nouveau à dire. Je n'ai pas dû parler des *tissus des glandes* diverses, à cause de la variabilité de leurs formes externes et des produits qui les distinguent, selon les régions du corps qu'elles occupent et l'espèce d'animaux chez lesquels on les étudie. Les unes sont des *espèces d'estomacs* chargés d'élaborer, dans leurs cellules, une substance organisatrice: les autres des espèces *de branchies* destinées à épurer des fluides organisateurs. Mais toutes se forment d'après le système vésiculaire, le système des emboîtemens (426); et la plus grande erreur que commettent les anatomistes, c'est de négliger, comme un inutile accessoire, le tissu cellulaire aranéeux qui enveloppe leurs cellules ou papilles plus compactes, lesquelles, ainsi isolées, apparaissent quelquefois comme une grappe plus ou moins rameuse. Ce tissu aranéeux est toujours la matrice primitive de la glande. L'étude chimique et physiologique de chaque glande est d'une aussi grande importance que celle de la digestion.

DEUXIÈME GROUPE.

SUBSTANCES ORGANISATRICES.

Ire DIVISION. — SUBSTANCES VEGETALES.

PREMIER GENRE :

GOMME.

650. La gomme est une substance diaphane et légèrement jaunâtre, à cassure conchoïde à l'état concret, limpide et incolore à l'état de solution, soluble dans l'eau froide et plus soluble encore dans l'eau bouillante, non colorée en bleu ou purpurin par l'*iode* (27); insoluble et par conséquent coagulable par l'alcool, l'éther, les acides et les alcalis et par toutes les substances inorganiques avides d'eau; se transformant en sucre par l'action de l'acide sulfurique (226), et en acides malique, oxalique et souvent même en acide mucique, par l'action de l'acide nitrique; enfin non fermentescible, même par l'addition du sucre ou du *gluten* (674).

651. L'analyse découvre la gomme, chez les végétaux, partout où il y a un organe à se développer; et le commerce la rencontre, en mamelons plus ou moins gros, convexes en dehors, et le plus souvent concaves ou creux en dedans, chez certains arbustes, où ce produit surabonde dans les vaisseaux séveux, et vient se concréter à la surface de l'écorce qu'il soulève et déchire.

652. La gomme étant charriée par le liquide séveux, il doit paraître évident qu'en venant se concréter à la surface des fissures du végétal, elle emprisonnera, dans sa substance, les débris des tissus qu'elle distend et déchire, ainsi que les sels nombreux qui circulaient avec elle dans les mêmes vaisseaux. Il est donc évident encore que, lorsqu'on la traitera par les réactifs, elle pourra offrir des caractères accessoires, variables selon la nature, la présence et l'absence, la quantité et les diverses combinaisons de toutes ces substances étrangères entre elles. Si l'on voulait considérer de semblables caractères comme spécifiques, il faudrait faire presque autant d'espèces de gommes qu'on analyserait de végétaux différens. Les chimistes ont trouvé qu'il était plus facile d'adopter cette dernière méthode, que de se livrer à la recherche des causes qui produisent ces différences accidentelles.

653. La gomme est la substance, pour ainsi dire, plastique des tissus (226); or les tissus devant nécessairement passer, avant d'arriver à la consistance définitive qui les caractérise, par toutes les gradations organisatrices, depuis l'état primitif de la plus grande fluidité, on doit s'attendre non-seulement à trouver des gommes plus solubles les unes que les autres, mais encore à rencontrer, dans les mêmes gommes, des différences de solubilité énormes, et même des fragmens plus ou moins considérables de tissus parfaits.

654. Ces considérations générales s'appliquent non-seulement aux réactions, mais encore à l'analyse élémentaire des gommes (187).

655. En me servant donc du mot d'ESPÈCE pour désigner les gommes que l'on tire de divers végétaux, je n'entends exprimer qu'un ensemble de caractères qui sont étrangers à la substance elle-même.

PREMIÈRE ESPÈCE : GOMME D'AMIDON.

656. La gomme d'amidon est la substance soluble de la

fécule (27) dépouillée de la faculté de se colorer en bleu avec l'iode, soit par la torréfaction (29), soit par une exposition prolongée à l'air (39).

657. La substance soluble de la fécule peut être regardée comme une gomme à son plus grand état de pureté. La torréfaction et la décomposition spontanée, en la dépouillant de sa propriété de coloration, semblent lui faire subir quelques modifications légères. Ainsi une faible quantité d'acide sulfurique ne transforme pas en sucre (228) la gomme d'amidon torrifié; le sous-acétate de plomb, l'infusion de noix de galles ne précipitent pas la gomme de l'amidon décomposé; l'eau de baryte la trouble peu. Mais la torréfaction imprimerait le premier caractère à la gomme arabique pulvérisée; et quant au second, il ne faut pas perdre de vue que, pendant la décomposition spontanée de l'amidon, il se produit du sucre (74) et souvent de l'ammoniaque plus ou moins combiné (41), substances qu'il est bien difficile de séparer entièrement de la substance gommeuse.

658. L'acide nitrique ne la transforme point en acide mucique. C'est par cette circonstance surtout qu'elle diffère de la gomme arabique.

DEUXIÈME ESPÈCE : GOMME ARABIQUE ET DU SÉNÉGAL.

659. Cette gomme découle des acacias du Levant (*Acacia vera*), de l'Arabie (*Acacia arabica*), du Sénégal (*Acacia Senegal*). Elle est en masses arrondies, mamelonnées, creusées à l'intérieur, diaphanes et d'un blanc tirant légèrement sur le jaune.

660. Elle se dissout dans l'eau froide avec lenteur, elle commence par y devenir filante; et quand la dissolution est complète, on remarque dans le fond du vase un résidu d'impuretés, qui par l'agitation montent en suspension, et troublent la transparence du liquide; on ne peut rendre au liquide sa limpidité que par la filtration ou par la clarification qui retient tous ces débris de tissus sur le filtre,

ou, ce qui m'a toujours bien réussi, par une exposition peu prolongée à une température voisine de zéro.

661. Par la distillation sèche, elle fournit de l'ammoniaque, et pourtant sa solution n'est pas alcaline; l'ammoniaque y est donc à l'état de sel (270). Par l'incinération, elle donne 3 parties de cendre sur 100; et ces cendres sont formées de carbonate de chaux et d'une légère quantité de phosphate de chaux et de fer. Or, la gomme ne faisant pas effervescence avec les acides, la chaux ne s'y trouve pas à cet état de combinaison. Vauquelin soupçonne qu'elle s'y trouve à l'état d'acétate ou de malate. Elle n'y est point combinée avec les tissus [1], car l'acide oxalique la précipite de la dissolution gommeuse, ainsi que l'acide sulfurique. Ce dernier précipité se forme en petites aiguilles de sulfate de chaux, visibles au microscope. Dans le cours de recherches entreprises sous un autre point de vue, j'ai eu toujours lieu de m'apercevoir qu'en mêlant la gomme arabique avec de l'acide phosphorique, et, je crois, de l'ammoniaque, il s'exhalait une forte odeur d'acide prussique.

662. Toutes ces circonstances permettent de supposer qu'il peut exister, dans la gomme arabique, diverses espèces de combinaisons salines, susceptibles de disparaître ou de se modifier à l'incinération. Il faudrait donc consulter bien peu les règles de la logique, pour attribuer à la nature intrinsèque de la gomme, plutôt qu'à la présence de ces mélanges, les précipités divers que cette substance est susceptible d'offrir sous l'influence des réactifs. On pourrait peut-être opposer à ce principe que la gomme, précipitée par l'oxide de plomb, ne laisse point de cendres par l'incinération; mais cette objection disparaît quand on se rappelle que la gomme contient des acides végétaux indéterminés, et que l'incinération ferait disparaître, dans le cas

(1) Voyez la dernière partie de cet ouvrage. Deuxième classe. *Bases terreuses des tissus.*

où l'oxide de plomb les aurait enlevés aux bases avec lesquelles ils sont en combinaison. Ces principes une fois posés, je dirai que la gomme arabique est coagulée, comme l'amidon, par le borax, la potasse caustique (50), et que ce coagulum, lorsqu'il n'a pas été traité trop long-temps par la chaleur, se redissout dans les acides et le bitartrate de potasse; que le sulfate de fer la précipite en un coagulum orange, insoluble dans l'eau froide, soluble dans l'acide acétique et dans la potasse, que le chlorure de fer la précipite en une gelée brune, enfin qu'elle est précipitée par le nitrate de mercure, et par le silicate de potasse.

663. Il appartient à la nouvelle méthode de déterminer un jour la véritable origine de toutes ces réactions. Quant à la théorie d'après laquelle on verrait des combinaisons atomistiques de gomme et de bases ou d'acides, dans ces divers précipités, je renvoie, à cet égard, à tout ce que j'en ai dit en parlant de l'amidon (58).

664. Prout a trouvé que la gomme, ainsi que l'amidon et le ligneux, pouvait être représentée par une combinaison d'une moitié de carbone et une moitié d'eau, pourvu qu'on l'amène à un certain état de dessiccation. Les analyses élémentaires de Gay-Lussac et Thénard, Berzélius et Saussure s'accordent assez bien avec ce résultat. Seulement Saussure y a trouvé de l'azote, dont les autres chimistes n'ont pas rencontré la moindre trace. Mais il se présente encore ici une difficulté, dont je me suis déjà occupé en parlant des substances azotées (271, 442, 475), et qui, dans cette circonstance, milite en faveur de l'analyse de Saussure. La gomme, par la distillation, fournit des produits ammoniacaux, et l'analyse élémentaire ne signale point l'azote : il faut conclure nécessairement que nos méthodes d'analyse, isolées des considérations théoriques, ne suffisent plus aux besoins de la science. Il n'en est pas moins nécessaire de connaître comparativement les résultats obtenus par les auteurs que je viens de citer.

COMPOSITION ÉLÉMENTAIRE DE LA GOMME ARABIQUE.

	Carbone.	Oxigène.	Hydrogène.	Azote.
D'après Gay-Lussac et Thénard	42,23	50,84	6,93	
Berzélius[1]	42,68	50,95	6,37	
Saussure	45,84	48,26	5,46	0,44

TROISIÈME ESPÈCE : GOMME DU PAYS.

665. C'est celle qui, à l'époque de la maturité des fruits, c'est-à-dire lorsque le végétal condamné à un repos momentané n'a plus de tissus ligneux à élaborer (653), découle de l'écorce et même des péricarpes de nos arbres fruitiers: amandiers, pruniers, cerisiers, pêchers et même pommiers. Par les crevasses qu'elle occasionne, en venant se figer au contact de l'air, cette transsudation de substance organisatrice a mérité d'être rangée, par les jardiniers, au nombre des maladies des arbres. On arrête cet écoulement insolite, en amputant, jusqu'au vif, la surface ravagée, et en couvrant la plaie avec un mélange de cire et de térébenthine, ou mieux avec un mélange d'argile et de *bouze de vache*, pour la soustraire à l'influence de l'air.

666. Mais ce produit maladif n'en est pas moins recherché par le commerce, et l'on s'en sert dans les arts à la place de la gomme arabique qui coûte plus cher. La gomme du pays est plus colorée, moins dure et moins cassante que la gomme arabique. Elle est moins soluble que celle-ci, et sa solution moins visqueuse[2] (660); elle renferme de l'acide gallique, qui la rend astringente; elle n'est pas précipitée en entier par l'alcool (288), et le sous-acétate de plomb n'agit qu'au bout de vingt-quatre heures. Elle n'est troublée

(1) *Traité de chim. Trad.*, tom. V, 1831, pag. 220; car les nombres publiés par l'auteur dans les *Annal. de chim.*, tome. XCV, pag. 79, sont tout différens: Carb. 41,906; oxig. 51,306: Hydr. 6,788.

(2) C'est par cette raison que j'aurais dû classer cette espèce dans les suivantes.

ni par les sels de fer, ni par le silicate de potasse, ni par le nitrate de mercure, ni par la noix de galles; mais le chlorure d'étain la coagule (662).

QUATRIÈME ESPÈCE:

MÉLANGE DE GOMME ET DE BEAUCOUP DE TISSUS LIGNEUX OU GLUTINEUX (*Bassorine*, Vauquelin; *Cérasine, Prunine, Dragantine*, etc., *Mucilage végétal*, Berzélius).

667. Si nous rapprochons par la pensée ce que nous avons dit ailleurs, 1° sur le gluten, substance susceptible de s'imbiber d'eau d'une manière presque illimitée et devenant même soluble dans l'eau et dans l'alcool, à l'aide d'un acide ou d'un alcali (288); 2° sur les phases d'accroissement des tissus ligneux (179); 3° enfin sur le rôle que joue la gomme dans la formation des tissus, et par conséquent sur sa présence indispensable dans les cellules de tout tissu soit ligneux, soit glutineux (651), nous n'aurons pas de peine à admettre que ce rapprochement idéal puisse devenir une réalité dans un assez grand nombre de recherches analytiques; en d'autres termes, que, par le déchirement ou la décomposition des tissus, le gluten plus ou moins modifié, et les débris du ligneux soient entraînés au dehors par la gomme qui s'écoule. La substance qu'on aura sous les yeux alors, au lieu d'être limpide et liquide comme la gomme, formera un mucilage plus ou moins consistant. Pour diminuer cette consistance, il sera nécessaire d'employer des quantités considérables d'eau, surtout lorsqu'on aura à traiter cette substance après sa dessiccation; elle passera alors à travers le filtre non point par gouttes, mais par filets rétractiles; le filtre sera bientôt obstrué, et il y restera les tissus les plus avancés en développement. Il pourra arriver que l'alcool ne précipite pas toute la substance ainsi mélangée, à cause de la présence d'un acide. Les alcalis et certains acides détruiront la cohésion de la substance *organisée*, et lui communiqueront la solubi-

lité de la substance *organisatrice*. Quant à la nature des précipités obtenus au moyen des réactifs, elle variera selon la nature des sels contenus dans l'organe à analyser, et qui se dissoudront nécessairement dans l'eau qu'on emploie pour en extraire la gomme.

668. Ces principes si évidemment incontestables aujourd'hui ont dû échapper à l'ancienne méthode d'analyse. Aussi les chimistes ont-ils cédé, sans aucun scrupule, au plaisir de créer presque autant de noms qu'ils ont étudié de ces sortes de mélanges. Ainsi la gomme bassora (*bassorine*), la gomme adragant ou adraganthe (*dragantine* ou *adragantine*)[1], la gomme de cerisier (665) (*cérasine*), celle de prunier (*prunine*), la graine de lin, les pepins de coing[2], les bulbes de jacinthe, les racines d'althée, les tubercules de salep (118), etc., etc., ont présenté tout autant de variétés de ce mucilage. Mais il suffit, une fois qu'on est averti, de jeter un coup d'œil sur les descriptions de ces substances illusoires, pour trouver la raison des différences qu'elles peuvent offrir. Ce qu'il faut bien remarquer, c'est qu'à la distillation ces substances fournissent beaucoup plus d'ammoniaque que la gomme arabique ; qu'elles se transforment, par l'action de l'acide nitrique, en acide mucique, malique et oxalique ; qu'elles se gonflent dans l'eau, et surtout que par l'agitation elles rendent l'eau laiteuse (434).

669. Pour séparer la gomme de ces tissus, je conseillerais de traiter le mélange par le carbonate de chaux, pour saturer l'acide masqué auquel le gluten peut devoir sa solubilité, de dessécher ensuite la substance au bain-marie, de

(1) La gomme adragant découle d'un arbuste (*astragalus tragacantha*) sous forme de rubans vermiculés, d'un blanc rougeâtre. La cohésion des tissus qu'elle renferme la rend très difficile à réduire en poudre. Elle donne peu de gomme soluble.

(2) Pour obtenir le mucilage des pepins de coings et de la graine de lin, on n'a besoin que de laisser ces graines séjourner dans l'eau; le mucilage sort par le *hile* (318). Le mucilage du *macis* (arille de la noix muscade) renferme de l'amidon soluble (37).

la déposer dans l'eau pendant plusieurs jours, et de décanter avec précaution toute la partie limpide. On obtiendrait ainsi, non toute la gomme (332), mais rien que de la gomme.

670. L'analyse élémentaire en a été faite par Hermann sur la gomme adragant, et l'on n'y trouve pas la moindre trace de l'azote de l'ammoniaque (270); le carbone y figure en moindre proportion que dans la gomme arabique :

Carbone, 40,50; oxigène, 52,89; hydrogène, 6,61.

671. L'acétate et le sous-acétate de plomb, le chlorure d'étain, le nitrate de mercure précipitent le mucilage de la gomme adragant, de la graine de lin, des pepins de coing. L'infusion de noix de galles trouble le premier, mais non le second ni le troisième. Le silicate de potasse n'agit sur aucun d'eux (662).

672. APPLICATIONS. — On se sert de la gomme arabique pour donner du lustre aux étoffes de soie et autres; pour rendre plus brillantes les couleurs sur papier; pour faire les pastilles; pour tenir en suspension dans l'eau les matières colorantes, qui, sans cela, tomberaient au fond du liquide (202). On emploie en médecine le mucilage de la graine de lin pour faire des cataplasmes émolliens; on fait des lochs avec celui de la gomme adraganthe.

673. Mais il ne faut pas perdre de vue, en thérapeutique, que ces gommes n'étant en général que des mélanges (652), on ne doit pas *à priori* admettre que l'une soit le succédané de l'autre; c'est à l'expérience à le décider.

DEUXIÈME GENRE :

SUCRE.

674. Le sucre est une substance cristallisable presque aussi répandue, dans l'organisation, que la gomme, dont il possède presque la composition élémentaire. Il en diffère par une saveur caractéristique des plus agréables, par sa so-

lubilité dans l'alcool et dans l'eau, et par la propriété de fermenter, lorsqu'il est mêlé, dissous dans l'eau, à du gluten (239) ou à des substances albumineuses (429). Les circonstances encore indéterminées qui s'opposent à la cristallisation de la portion saccharine d'un suc, paralysent en même temps sa propriété fermentescible. L'acide nitrique transforme le sucre en acide oxalique, mais non en acide mucique (650).

675. Le sucre est inaltérable à l'état sec et même dans un air humide; dissous dans l'eau, il se décompose par l'influence de l'air et de la lumière, et il donne lieu à la formation de produits cryptogamiques (645) tels que la moisissure.

676. Exposé à la chaleur, il fond, se décompose en répandant une odeur de *caramel*. Lorsqu'il est concentré, une chaleur de 100 degrés suffit, au bout d'un certain temps, pour le rendre incristallisable. Un alcali le dépouille aussi de la faculté de cristalliser, mais alors l'emploi d'un acide la lui rend.

677. Le protoxide de plomb se dissout d'abord, à l'aide de la chaleur, dans une solution de sucre; il se précipite ensuite à l'état d'une poudre cristalline que Berzélius a trouvée composée de 100 de sucre et de 139,6 d'oxide de plomb.

678. Le sucre réduit les sels dont les oxides ont peu d'affinité pour l'oxigène (sels d'argent, de mercure, de cuivre, etc.), et il abandonne de l'oxigène aux corps qui en sont avides, au phosphore, par exemple.

679. Par le frottement, le sucre répand des lueurs phosphorescentes, que l'on distingue très bien dans l'obscurité.

680. Le sucre en solution dissout la moitié de son poids de chaux; et, si on abandonne le mélange concentré a lui-même, le sucre se décompose en quelques mois, ou plutôt il s'organise, de manière a ne plus offrir que du carbonate de chaux et un mucilage (178, 667).

681. PLACÉ EN POUDRE FINE, SUR LE MERCURE, DANS UNE CLOCHE CONTENANT DU GAZ AMMONIAQUE, LE SUCRE DEVIENT COHÉRENT, COMPACTE, MOU, SUSCEPTIBLE D'ÊTRE COUPÉ AU COUTEAU ; CETTE ASSOCIATION SE COMPOSE de 90,28 parties de sucre ; 5,00 d'eau ; 4,72 d'ammoniaque. EXPOSÉ A L'AIR, L'AMMONIAQUE SE VOLATILISE ET LE SUCRE REPREND SES QUALITÉS.

682 SI L'ON FAIT BOUILLIR PENDANT TROP LONG-TEMPS, OU QUE L'ON CHAUFFE AU-DELA DE 110°, UNE DISSOLUTION CONCENTRÉE DE SUCRE, CELUI-CI S'ALTÈRE, ET SE TRANSFORME, EN PARTIE, EN SUCRE INCRISTALLISABLE, EN UN MUCILAGE SUCRÉ.

683. Vauquelin, ayant à examiner du suc de canne que l'on avait chauffé à la Martinique jusqu'à 100°, dans des flacons bouchés, afin d'absorber l'oxigène de l'air renfermé dans les flacons, s'était converti, pendant le trajet de la Martinique en France, en une MATIÈRE VISQUEUSE, MUCILAGINEUSE, que l'on pouvait à peine retirer des flacons; elle était insoluble dans l'alcool. Traitée par l'acide sulfurique, elle ne donnait pas de sucre de raisin; et l'acide nitrique la convertissait en acide oxalique, sans aucune trace d'acide mucique. LE SUCRE ÉTAIT DEVENU TISSU : LA SUBSTANCE ORGANISATRICE S'ÉTAIT ORGANISÉE.

§ 1. Réactif destiné à déceler des quantités minimes de sucre, et, par contre coup, d'albumine et d'huile [1].

684. En m'occupant de l'analyse microscopique des céréales avant la fécondation (334), il m'arriva de déposer un ovaire d'Orge (*Hordeum hexasticum*, L.) (pl. 3, fig. 4 et 6 *a*) dans une goutte d'acide sulfurique concentré, placée au porte-objet du microscope. Je vis aussitôt les poils qui hérissent le sommet (163) se recroqueviller (*b*), s'aplatir (*c*), se marquer comme d'impressions digitales (*d d*), quelques-uns crever à leur sommet (*e*) avec une explosion presque pollinique; et tous finir par jaunir. Les deux stigmates (*g*, *f*, fig. 4, et *b*, fig. 6) commencèrent à disparaître dans

(1) *Annal. des Sc. d'obs.*, tom. I, pag. 72. 1829.

l'acide, et leurs fibrilles mamelonnées laissèrent suinter, en s'effaçant, des gouttelettes blanches et limpides (*h*). La panse de l'ovaire, au contraire (*a'*), se colora en superbe purpurin, moins intense sous l'épiderme (*a*).

685. Ces phénomènes de coloration piquèrent vivement ma curiosité, et je résolus de n'abandonner l'étude de cette réaction chimique qu'après en avoir découvert la cause. Je m'appliquai en conséquence à mettre l'acide sulfurique en contact avec toutes les substances organiques ou inorganiques, dont j'avais reconnu ou dont je pouvais soupçonner la présence dans ces jeunes ovaires.

686. J'entrepris donc d'essayer, avec l'acide sulfurique concentré, soit isolément, soit mélangés entre elles, deux à deux et trois à trois, l'amidon, l'albumine, la gomme, le carbonate de potasse et de chaux. Mais aucun de ces essais ne me reproduisit la belle couleur purpurine de mes ovaires. Le sucre seul ne communiqua à l'acide que la couleur jaune-verdâtre que lui communique aussi la gomme. Mais il n'en fut pas de même, lorsque j'eus mis en contact, avec l'acide sulfurique concentré, un mélange d'albumine de l'œuf de poule et de sucre de canne; j'obtins en effet la couleur purpurine la plus intense, et qui me représentait exactement la nuance que l'acide sulfurique seul imprime au jeune ovaire.

687. C'était donc à la présence simultanée du sucre et de l'albumine dans ses organes, que le jeune ovaire était redevable de sa coloration.

688. Mais dès les premières applications que j'entrepris de faire de ce réactif, je découvris un phénomène non moins nouveau que le premier. Ayant placé un fragment de périsperme de maïs (pl. 3, fig. 10) sur une goutte d'acide sulfurique, je ne tardai pas à m'apercevoir, non-seulement que le périsperme acquérait la couleur purpurine des jeunes ovaires, mais encore que le fragment, que j'avais sous les yeux, jouait admirablement le rôle d'une *vorticelle* ou d'un

lambeau de branchie de *moule de rivière* (584), *aspirant* et *expirant* dans l'eau ordinaire. Je voyais en effet le fragment se diviser en gouttelettes (*a*) qui s'échappaient quelquefois dans l'acide, pour ainsi dire, en s'éfilant. D'autres fois le pourtour du fragment lançait, dans l'acide, de petites traînées qui disparaissaient à une faible distance, pour aller reparaître plus loin sous forme de globules; ces traînées représentaient exactement les traînées que lance la surface respiratoire des microscopiques (582). En même temps, et pour rendre l'analogie plus complète, on voyait que les globules qui s'étaient détachés de la masse principale en étaient alternativement attirés (*b*) et repoussés, en décrivant un cercle (*c*), pendant un espace de temps assez considérable pour produire une illusion complète.

689. Je reproduisis, de toutes pièces, les mêmes phénomènes, en mélangeant ensemble du sucre, de l'huile d'olive et de l'acide sulfurique. Le périsperme de maïs devait donc sa coloration par l'acide concentré, à la présence simultanée du sucre et de l'huile, et les mouvemens qu'il imprimait au liquide ambiant, à l'action aspirante et expirante de l'huile elle-même, c'est-à-dire à la combinaison d'une partie au moins de sa substance avec ce réactif. Soit en effet un tissu cellulaire perméable à un réactif, qui a de l'affinité pour la substance organisatrice incluse dans ces cellules. Le réactif et la substance organisatrice s'attirant mutuellement, il faudra nécessairement qu'il s'établisse au dehors deux courans inverses l'un de l'autre; car si l'acide entre, à travers les parois de la cellule, il y aura une *attraction visible* ou *aspiration;* mais bientôt il faudra que le trop plein de la cellule sorte d'un autre côté attiré par l'acide, et cette fois-ci il y aura *expulsion* ou *expiration;* et comme le pouvoir réfringent du liquide éjaculé diffère de celui du liquide ambiant, on distinguera là une traînée répulsive (595).

690. L'acide sulfurique concentré dissout la résine concrétée soit verte, soit jaune, soit incolore des végétaux;

mais il se colore par cette dissolution, en jaune virant sur le verdâtre; et cette coloration ne varie pas par l'addition d'une goutte de sucre, d'albumine ou d'huile.

691. En conséquence, l'acide sulfurique concentré peut servir à déceler des quantités minimes de sucre, d'albumine et d'huile, et même de gomme et de résine. Soit en effet une substance que l'acide sulfurique colore en purpurin, j'aurai là un mélange de sucre et d'albumine, s'il n'y a point de mouvement produit, et un mélange de sucre et d'huile, s'il y a tourbillon et aspiration. Si l'acide n'imprime cette coloration qu'à l'aide du sucre, et qu'il n'y ait point de mouvement produit, la substance sera de l'albumine pure; ou autrement de l'huile pure de mélange. Si l'acide ne produit cette coloration qu'à l'aide de l'huile ou de l'albumine, la substance sera du sucre pur. Mais si la coloration refuse de se manifester à l'aide soit du sucre, soit de l'albumine et de l'huile, ce sera de la gomme, si l'on a préalablement reconnu sa solubilité dans l'eau, ou de la résine, si elle est colorée et qu'elle ne se dissolve que dans l'éther ou dans l'alcool.

692. Il ne faut pas perdre de vue que l'acide doit être concentré; aussi la couleur purpurine disparaît-elle aussitôt qu'on étend l'eau d'acide sulfurique; et peu à peu si on laisse le mélange exposé à l'humidité de l'atmosphère. Il faut donc, dans les expériences microscopiques, faire usage des lames de verre creusées en segmens de sphère (49). Il suffit d'une bien petite quantité de sucre ou d'albumine pour produire la coloration purpurine dans l'acide sulfurique [1].

693. Le gluten de froment se colore aussi en purpurin par l'acide sulfurique seul, mais cette coloration est d'autant moins intense que le gluten a été malaxé sous l'eau plus

(1) Pour avoir un réactif durable de l'albumine et de l'huile, il suffit de jeter une petite quantité de sucre de canne en poudre dans l'acide sulfurique. Ce réactif se conserve au moins plusieurs mois.

long-temps; sa coloration est donc entièrement étrangère à son tissu, et elle n'est due qu'à la présence simultanée du sucre et de l'huile. Il serait même possible qu'on découvrît un jour que l'albumine animale elle-même ne doit sa propriété de colorer en purpurin le sucre sulfurique, qu'à une certaine quantité d'huile infiltrée dans son tissu. Mais quoi qu'il en soit de cette considération théorique, il n'en est pas moins vrai que, dans la manipulation, la réaction de l'acide suffit pour faire distinguer l'albumine de l'huile pure.

694. Elsner a déjà annoncé en 1827 que l'acide arsénique fait contracter au sucre de canne la couleur purpurine. Mais il fait observer en même temps que cette couleur varie avec les diverses substances saccharines. La réaction ne se montre qu'au bout de plusieurs heures: on conçoit du reste tout le danger d'un pareil réactif.

695. L'alcool contracte une couleur rouge au bout de deux jours, si l'on y verse goutte à goutte de l'acide sulfurique concentré; il y a alors production de chaleur, commencement de carbonisation. Mais cette couleur rougeâtre que l'acide communique à toutes les substances végétales qu'il commence à charbonner, n'a aucun rapport avec la couleur purpurine dont nous venons de parler.

§ 2. Propriété fermentescible du sucre.

696. Nous nous sommes déjà occupés en partie de la *fermentation putride* (268) et même de la *fermentation amylacée* (40,71); et nous avons vu que ce phénomène mystérieux avait lieu dans l'un et dans l'autre cas, par la décomposition du tissu tégumentaire ou glutineux déposé au fond du liquide; il est temps de nous occuper d'une autre espèce de fermentation, tout aussi mystérieuse que les deux premières, dont nous ignorons, tout aussi bien, les causes, les réactions et le mécanisme, quoique nous en connaissions mieux les moyens et les produits; je veux parler de la *fermentation alcoolique*. On détermine cette fermentation, en déposant, à

la température au moins de + 10° et au plus de + 26° cent., dans une solution ni trop étendue, ni trop concentrée de sucre, une certaine quantité de tissus ammoniacaux (271), tels que la gélatine précipitée, l'albumine, le tissu musculaire, les crachats mêmes, et les flocons de l'urine. Le gluten végétal et la levure de bière sont les deux substances que l'on emploie exclusivement dans les arts. Il résulte bientôt de ce mélange, un grand dégagement de bulles de gaz acide carbonique, qui partent des tissus déposés, les emportent jusqu'à la surface, les y abandonnent pour se dégager dans les airs, et laisser ainsi retomber, de leur propre poids, le fragment de tissu qui, arrivé au fond, enfante de nouvelles bulles au détriment de sa substance, est soulevé une seconde fois, pour retomber encore ou rester à la surface sous forme d'écume, et ainsi de suite, jusqu'à produire une ébullition qu'on désigne sous le nom de fermentation tumultueuse. Ce dégagement d'acide carbonique coïncide avec la formation d'un nouveau liquide, odorant, incolore et limpide, volatile, miscible à l'eau, mais non à la gomme ni à l'albumine, que l'on nomme *alcool* ou *esprit de vin* et à l'état de boisson *eau-de-vie*. Nous nous en occuperons plus spécialement en parlant des substances organiques.

697. Tant qu'il existe, dans le liquide, du sucre et du gluten, il y a production de gaz acide carbonique et d'alcool; mais si le sucre est épuisé, alors il se forme une nouvelle réaction entre l'alcool et le gluten, dont le résultat immédiat est la formation de l'acide acétique. Le gluten enlevé au contraire, le liquide reste stationnaire, et l'on a alors une boisson alcoolique. Le résidu glutineux sert, sous le nom de *ferment*, à déterminer plus vite la fermentation dans un nouveau mélange de gluten et de sucre ou dans la pâte destinée à la panification. Je considère le *ferment* comme un mélange de gluten encore intègre et de résidu de gluten altéré.

698. Le gluten et le sucre réagissent-ils ici, l'un sur

l'autre, chimiquement ou physiquement, par une espèce de double décomposition, ou par l'action d'un contact pour ainsi dire voltaïque? voilà ce que la science n'a pu encore déterminer. Lavoisier avait bien émis déjà l'opinion que, dans cette opération, les élémens du sucre se partageaient en deux portions : en acide carbonique et en alcool; opinion que confirme presque l'analyse élémentaire du sucre, qu'on peut se représenter comme formé de 1 atome de carbone, de 1 atome d'oxigène et de deux d'hydrogène ($O + C + 2 H$) ou bien ($3 O + 3 C + 6 H$), lesquels par conséquent peuvent donner lieu, par une nouvelle association de principes élémentaires, à 1 atome d'acide carbonique ($C + 2 O$) et à 1 atome d'alcool ($2 C + O + 6 H$). Mais lorsqu'on cherche à confirmer, par l'expérience directe, les données de la théorie, les résultats sont moins satisfaisans. Car 120 parties de sucre fournissent, selon Lavoisier, 34,3 d'acide carbonique, selon Hermbstædt 32, selon Thénard 31,6, selon Dobereiner 48,8. Enfin la question est plus compliquée qu'elle ne le paraît; il faudrait en effet, pour parvenir à la résoudre, non-seulement examiner les quantités d'acide et d'alcool formées, mais encore s'assurer qu'il ne s'est pas formé d'autres produits et dans la masse du liquide et dans les tissus du ferment. Ajoutez à ces considérations que la fermentation a besoin, pour se manifester, de la présence d'une quantité d'oxigène quelque faible qu'elle soit.

699. Si, au lieu de sucre, on mêle de l'amidon avec le gluten, il s'établit alors une *fermentation saccharine*. Kirchhoff a découvert qu'en mêlant 2 parties d'amidon à 4 d'eau, et délayant peu à peu le mélange dans 20 parties d'eau bouillante, on n'a plus qu'à ajouter, à l'empois (54) ainsi obtenu, 1 partie de gluten séché et réduit en poudre, et à tenir pendant 8 heures, le mélange à la température de 50 à 75°, pour transformer l'amidon en sucre, qui représente $\frac{1}{7}$ de la quantité employée de cette substance, et en gomme qui en représente $\frac{1}{5}$. Le gluten est devenu acide. Cette expérience

explique fort bien ce qui se passe dans la germination. La chaleur dégagée fait éclater l'amidon du périsperme (309) qui, se trouvant en contact avec le gluten de cet organe, se métamorphose en sucre.

700. La *fermentation panaire* a pour but de transformer une partie de l'amidon en sucre (699), et ensuite ce sucre, ainsi que celui qui existait déjà dans la farine, en alcool et en acide carbonique (698) dont la pâte s'imprégne. La chaleur du four, en dilatant ces deux produits, détermine la formation de ces larges cellules qui favorisent la cuisson de l'amidon (132). Si l'on abandonnait trop long-temps à elle-même cette fermentation, le gluten réagirait sur l'alcool (696) et la fermentation deviendrait acide. On sait que l'on provoque la fermentation panaire, en pétrissant la farine des céréales avec de l'eau, battant la pâte avec les mains, la mêlant, par le même procédé, avec du levain aigri ou de la *levure de bière* (710), et abandonnant quelque temps ce mélange au repos, en ayant soin de le couvrir, pour lui conserver toute la chaleur qui se dégage par suite de la réaction fermentescible. Le principal but du pétrissage est de mettre toutes les parcelles de gluten et d'amidon en contact avec les molécules d'eau et la quantité d'air atmosphérique nécessaires au développement de la fermentation.

701. La dessiccation et l'ébullition diminuent considérablement la propriété fermentescible du gluten.

702. Quoique la théorie chimique de la fermentation alcoolique soit tout aussi peu avancée que celle de toute autre fermentation, il n'en est pas moins vrai que nous possédons, par ce que je viens d'exposer, la théorie de sa manipulation, de manière à assurer le succès de toute entreprise industrielle; et l'on peut établir en principe, que toute substance végétale renfermant à la fois du gluten et du sucre, est capable de fournir, par sa fermentation spontanée, une liqueur alcoolique variable par des caractères, dont la distillation pourra l'extraire; et si l'un ou l'autre de ces principes de

fermentation prédominait dans le suc, il serait toujours possible de rétablir artificiellement l'équilibre. Or les plantes qui dans certains de leurs organes réunissent ces conditions sont assez nombreuses, dans la nature, pour que l'industrie n'ait pas besoin d'avoir recours à des mélanges tout-à-fait artificiels. L'expérience a constaté le genre de procédés qui conviennent le mieux à chacune d'elles; nous allons les énumérer succinctement.

VIN.

703. Fabbroni, aux travaux duquel nous sommes redevables de la théorie de la vinification, avait avancé que le sucre et le gluten existaient, dans le grain de raisin, séparés l'un de l'autre, et occupant chacun des organes spéciaux; ce qui rend impossible la fermentation spontanée de cet organe. Mais dès qu'une solution de continuité vient à opérer le mélange des deux substances, alors la fermentation doit se manifester; aussi reconnaît-on un dégagement d'odeur alcoolique dans tout grain de raisin qui a été déchiré. Berzélius pense avoir réfuté cette explication de Fabbroni, en faisant observer que la présence de l'oxigène est nécessaire au développement de la fermentation; et que c'est à l'influence de l'oxigène et non pas au mélange des deux substances fermentescibles, qu'est dû, dans le grain déchiré, la manifestation du phénomène. Nous ferons observer à cet égard, que le grain de raisin renferme dans son tissu assez d'air atmosphérique, pour n'avoir pas besoin de la quantité que lui fournirait une solution de continuité; de sorte que si, dans son intérieur, les deux substances se trouvaient mélangées, il est certain qu'elles se rencontreraient dans toutes les conditions nécessaires à la fermentation. Il faut donc admettre l'opinion de Fabbroni. Au reste, nos observations anatomico-chimiques la confirment entièrement. En effet, en analysant au microscope la pulpe du grain de raisin, à l'aide de l'acide sulfurique (691), je me suis assuré

que le sucre se trouve dans les vaisseaux qui en forment la charpente et le réseau, et que la pulpe glutineuse et acide n'en renferme pas un atome.

704. Par le *foulage* du raisin, on mêle ces deux élémens; par le *cuvage* du moût on les laisse fermenter tumultueusement (696); par le *décuvage* on sépare le moût fermenté du marc ou gluten, on l'abandonne à une association plus intime, que l'on désigne sous le nom de *fermentation insensible*, et que l'on paralyse à une certaine époque, par le *soufrage;* pour prévenir tout renouvellement de fermentation, on achève de précipiter le gluten suspendu dans le liquide (696), en clarifiant au blanc d'œuf ou à la colle de poisson; on passe, et l'on met en bouteille. Le liquide prend alors le nom de *vin*. Le vin est ainsi un mélange, en proportions variables à l'infini, d'eau, d'alcool et de toutes les substances, autres que le sucre et le gluten, qui se trouvaient dans la pulpe du grain de raisin : tels que la gomme, le tartrate de potasse, ainsi que les acides tartrique ou malique libres ; on peut saturer ces derniers en faisant *cuver* le moût dans des cuves de pierre calcaire ou de marbre. L'arôme des vins, ce fumet caractéristique, est insaisissable à nos moyens d'observation.

705. Les raisins donnent d'autant plus d'alcool qu'ils sont plus sucrés, c'est-à-dire, qu'ils sont parvenus à une maturité plus complète; aussi les vins du midi sont-ils toujours plus alcooliques que ceux du nord; on est même forcé, pour décomposer l'excédant de leur principe sucré, de les fouler avec leur grappe, qui ajoute au moût une nouvelle qualité de gluten. Dans le nord, l'opération inverse produit les plus heureux résultats; et l'on obtient une excellente quantité de vin, en ajoutant au moût une quantité suffisante de sucre et même de mélasse.

706. Le vin de Champagne ou vin mousseux n'est que du vin blanc ordinaire que l'on a bouché et ficelé, à l'époque à laquelle il se dégageait encore de l'acide carbonique;

celui-ci reste ainsi emprisonné dans le vin, jusqu'à ce que le bouchon ne lui forme plus un obstacle.

707. La matière colorante des vins provient de la pellicule qui enveloppe le grain.

BIÈRE.

708. Les grains des céréales, renfermant, dans leur périsperme, du gluten et une substance susceptible d'être transformée en sucre, l'industrie n'a pas manqué d'utiliser un produit aussi abondant, et d'en tirer une boisson fermentée, surtout dans les pays où la vigne refuse de prospérer.

709. C'est avec le seigle que les Russes préparent leur *kwas*, et c'est avec l'orge que, dans nos provinces septentrionales surtout, on prépare la *bière*.

710. A cet effet, on fait germer le grain, afin de transformer l'amidon en sucre (51); on dessèche ces grains germés pour les réduire en farine (*malt*), que l'on délaie dans une eau à 100°; on décante, quand après avoir bien brassé le mélange, on est sûr d'avoir enlevé à la farine (309) tout ce qu'elle a de soluble, ou de susceptible de rester en suspension (*sucre* et *gluten*); on chauffe le liquide dans une chaudière, on y jette 2 kilogrammes de houblon par pièce de 60 litres, et on achève la cuisson. On renverse le liquide dans une cuve nommée *cuve guilloir*, et on y jette de la *levure d'une bière précédente*. La fermentation s'établit; à l'époque de la *fermentation insensible* (704), on décante dans des tonneaux; on écume alors la *levure nouvelle* pour une opération subséquente ou pour s'en servir comme *levain*. On *colle* le liquide, et l'on bouche les tonneaux quand l'écume cesse de se montrer; cette boisson continue à se saturer d'acide carbonique provenant de la continuation de la fermentation; et c'est par la force expansive de ce gaz, qu'à une certaine température, la bière fait sauter le bouchon (706).

CIDRE ET POIRÉ, etc.

711. Le cidre est le produit de la fermentation alcoolique des pommes, et le poiré celui de la fermentation des poires.

712. On emploie à cet usage certaines espèces de pommes ou poires, à l'époque où elles tombent de l'arbre. On les écrase, et l'on ajoute une petite quantité d'eau au marc obtenu. On soumet alors au pressoir ce marc par couches alternatives de cidre et de paille, et on reçoit le jus qui en découle, à travers un tamis de crin, dans une grande futaille qu'on ne remplit que jusqu'à deux pouces de la bonde et que l'on a soin de placer dans un lieu tempéré (696); la fermentation s'établit au bout de trois à quatre jours, et la liqueur rejette une grande quantité d'écume dont on facilite l'expulsion, en remplissant tous les jours la futaille jusqu'à la bonde. On la bouche lorsque cette fermentation tumultueuse cesse; aussi le cidre fait-il sauter le bouchon comme la bière.

713. On fabrique encore des boissons alcooliques avec les cerises, les merises, les sorbes et les cormes, les figues, les prunes, la sève de bouleau, les baies de genièvre, enfin avec tous les fruits ou liquides dans lesquels se trouvent réunis le sucre et le gluten. Celles qui, par suite de divers mélanges, conservent un goût désagréable, peuvent servir à la distillation dont nous nous occuperons bientôt.

§ 3. Diverses espèces de sucre et leur mode d'extraction.

714. La substance saccharine ne se trouve jamais seule en dissolution dans le jus d'une plante, qui en contient assez pour que l'extraction en soit lucrative. Le sucre s'y trouve associé avec de la gomme, divers sels, divers acides, que charrie avec lui le torrent de la circulation vasculaire. En outre, comme dans le plus grand nombre de cas ce jus n'est obtenu que par la pression, il entraîne nécessairement

de la fécule verte (152), des fragmens de tissus, soit ligneux (156), soit glutineux (239); et ces derniers peuvent alors y devenir plus ou moins solubles et prendre plus ou moins les caractères du mucilage (667), en se combinant avec les acides libres de la solution saccharine.

715. Je suis persuadé que la chaux que l'on emploie dans l'art d'extraire le sucre n'a pas d'autre fonction que de saturer ces acides, de rendre ainsi au gluten sa primitive insolubilité, de le coaguler enfin, pour qu'il puisse être recueilli sous forme d'écume, enveloppant dans sa substance tous les tissus infiltrés de substance verte ou gommeuse, et servant de la sorte de premier moyen de clarification.

716. La présence du gluten, dans le suc qui contient le sucre, impose à la manipulation une certaine promptitude, pour prévenir le développement de la fermentation saccharine (696).

717. Une autre induction non moins essentielle à tirer de ces observations, c'est qu'il pourra se rencontrer un mélange de substances organisatrices et d'acides ou sels solubles tel, que le sucre ne pourra jamais en être extrait, à l'aide des procédés actuels, à l'état pur et cristallisé, au moins en proportion assez grande, pour que l'industrie en retire du profit; les diverses circonstances de pareils mélanges seront encore capables de paralyser la propriété fermentescible (680, 682) chez certains sucres même susceptibles de cristalliser.

718. Peut-être découvrira-t-on un jour que les diverses espèces de sucres ne doivent leurs différences actuelles, et la fugacité, si je puis m'exprimer ainsi, de certains de leurs caractères, qu'à la nature de quelques-uns de ces mélanges. Il est possible, qu'à force de composer artificiellement des mélanges d'un sucre donné, et de substances que l'on est en droit de soupçonner dans les divers sucs de plantes, nous parvenions un jour à reproduire, de toutes pièces, les différences que nous allons signaler, entre les espèces de sucres qui figurent aujourd'hui dans nos catalogues.

SUCRE DE CANNE.

719. On l'extrait, dans les colonies intertropicales, d'une graminée gigantesque que l'on nomme canne à sucre (*Saccharum officinarum*, L.). Jusqu'à présent la culture de cette plante dans nos climats tempérés, n'a présenté aucun bénéfice. Alger, avec son climat de feu, pourrait devenir, sous ce rapport, la plus riche de nos colonies.

720. On l'extrait dans les colonies et on le raffine sur le continent.

721. Le suc provenant de la pression (714) est aussitôt (716) chauffé jusqu'à 60° dans une chaudière en cuivre, avec une faible quantité de chaux (715), une partie sur 800 de suc; on enlève les écumes; on le concentre et on le verse successivement dans des chaudières de plus en plus petites et peu profondes, d'où on le transporte dans la chaudière placée immédiatement sur le foyer. On l'y fait bouillir jusqu'à ce qu'il marque 24 à 26° de l'aréomètre de Beaumé; on filtre à travers une étoffe de laine. On évapore de nouveau, par l'ébullition, jusqu'à consistance sirupeuse, et on le verse dans des réservoirs plats, pour en accélérer le refroidissement, et de là dans des cuviers percés de trous que l'on tient bouchés. Au bout de 24 heures on le remue, pour en déterminer la cristallisation qui s'opère après quelques heures de repos. On débouche alors les trous du cuvier, afin de laisser écouler le sirop non cristallisé, et l'on met sécher toute la portion cristallisée que l'on livre au commerce, sous le nom de *cassonade*, ou *moscouade*, ou *sucre brut*.

Le sirop est ensuite évaporé jusqu'à ce qu'il ne donne plus de sucre cristallisable (718); il prend alors le nom de *mélasse*, espèce d'*eaux-mères* de la *cassonade*, qu'on peut cependant employer encore à la fabrication de l'*eau-de-vie* connue sous le nom de *rhum*, de l'acide oxalique et même du pain d'épice.

La *cassonade* est jaunâtre, friable, sableuse: pour la dépouiller des corps étrangers qui la colorent et qui s'opposent à la

cohésion de ses cristaux, il faut la *raffiner*. A cet effet on la dissout dans l'eau, pour en former un sirop qui marque de 27 à 30° à l'aréomètre de Beaumé. On y mêle 10 sur 100 de charbon animal et du sang de bœuf; on chauffe; on remue le mélange, et on filtre à travers une étoffe de laine ou de coton, et on évapore dans une chaudière peu profonde et à bascule (721). Quand le sirop monte, on y jette un morceau de beurre, qui calme tout à coup l'ébullition. Lorsque le sirop marque 40° environ, on le porte dans un rafraîchissoir en cuivre, où on le remue pour le refroidir, puis on le verse dans des cônes en terre renversés et percés à leur sommet d'un trou qu'on tient bouché. Au bout de huit jours la majeure partie du sirop est écoulée. Alors pour débarrasser le sucre grenu du sirop brun qui en altère la pureté, on couvre l'ouverture des cônes renversés avec de l'argile en bouillie, dont l'eau, en filtrant à travers le sucre, entraîne le sirop brun, et laisse le sucre plus blanc; on le nomme alors *sucre terré*. On recommence le *terrage* jusqu'à trois fois, ce qui dure environ un mois. On ôte alors les pains de leur moule, et on les laisse sécher.

Pour obtenir le sucre à l'état de la plus grande pureté, on le traite comme la *cassonade;* et, dans le nouveau raffinage, on emploie du blanc d'œuf au lieu de sang.

SUCRE D'ÉRABLE.

722. Par les mêmes procédés on prépare, avec la sève des érables (*Acer saccharinum*), dans l'Amérique du nord, de 7 à 12 millions de livres de moscouades brutes, qu'on y consomme. On pratique des trous, à travers l'écorce et jusqu'au bois, dans le tronc de ces arbres, du mois de mars au mois de mai; on introduit dans le trou un tuyau qui conduit le suc dans un vase placé au pied de l'arbre. On a remarqué que plus le trou est élevé au-dessus du sol, plus le suc est sucré et plus aussi l'arbre est endommagé; que des arbres de taille moyenne peuvent donner environ, en 24 heures,

8 litres de suc dont la pesanteur spécifique varie de 1,003 à 1,006 [1]. Le lilas peut remplacer l'érable,

SUCRE DE BETTERAVE.

723. En 1747, Margraff annonça à l'académie de Berlin l'existence d'un sucre cristallisable dans la betterave. En 1787, Achard parvint à en extraire le sucre en grand. Le génie de Napoléon imposa, dès 1810, aux recherches des savans français, l'obligation de perfectionner les procédés d'extraction ; et bientôt la betterave rivalisa avec la canne à sucre, dont le système continental nous interdisait les produits. Cette fabrication est aujourd'hui dans un état si prospère et dans une telle voie de progrès, que le sucre de nos établissemens peut soutenir la concurrence avec le plus beau sucre de canne. On évaluait, en 1829, à 5 millions de kilogrammes de *moscouade* ou *sucre brut*, la production annuelle de nos 100 à 120 établissemens français ; en 1832 on porte à 12 millions de kilogrammes celle de 208 fabriques.

724. Les procédés d'extraction sont à peu près les mêmes que pour le sucre de canne. Le suc de betterave contient moins de sucre que celui de canne ; les betteraves de bonne qualité donnent 70 pour 100 de suc, et 4 à 5 pour 100 de sucre.

725. On chauffe à 64° R, et on ajoute ensuite 5 grammes de chaux par chaque litre de suc, et quelquefois davantage. La quantité d'alcali est convenable, quand le précipité se forme facilement et que le suc est clair. On chauffe à l'ébullition, jusqu'à ce que le chapeau d'écumes qui se forme crève dans le milieu. On éteint alors le feu, on enlève les écumes, on soutire la liqueur, et l'on ajoute assez d'acide sulfurique pour saturer la chaux. Achard commençait par

(1) L'*acer saccharinum* réussit très bien dans le nord de la France, et pourtant l'on n'a pas encore tenté de l'utiliser par des exploitations en grand. Pourquoi les communes ne s'occupent-elles point d'en ordonner la plantation sur les bords des grandes routes?

l'acide sulfurique et saturait par la chaux ; ce procédé donnerait peut-être une plus grande quantité de sucre (228). On évapore ensuite jusqu'à ce que la liqueur marque à chaud 15° Baumé ; on ajoute du charbon animal ; on concentre jusqu'à 28° ; on passe à travers des sacs de laine ; on clarifie avec du sang de bœuf ; on enlève les écumes ; on évapore rapidement ; et à l'aide d'un morceau de beurre on empêche le sirop de monter. La cristallisation et le raffinage s'opèrent comme à l'égard du sucre de canne. Cependant M. Crespel trouve qu'en faisant évaporer dans une étuve on obtient une plus grande quantité de sucre ; ce procédé ; qui est celui d'Achard, est aussi plus dispendieux.

726. La fabrication du sucre de betterave se fait aujourd'hui à l'aide d'une machine, au moyen de laquelle, et sans le secours de bras, les racines sont lavées et jetées sous un pressoir hydraulique, d'où le jus est porté dans les chaudières. Une exploitation pareille ne présente de bénéfices réels qu'autant que l'établissement possède une étendue de terrain suffisante à la culture de toute la quantité nécessaire de betteraves. Le sol doit être profond de 8 à 10 pouces, de bonne qualité et non caillouteux. Il est reconnu qu'un hectare fournit 30,000 pieds ou kilogrammes, qui donnent 1,000 kilogrammes de sucre environ (724).

727. Les trois espèces précédentes de sucre présentent les mêmes caractères, et cristallisent de la même manière. Leurs cristaux, obtenus, par l'évaporation à l'étuve, d'une dissolution concentrée, sont des prismes aplatis à 4 ou 6 pans, terminés par des sommets dièdres. Les plus beaux cristaux se forment autour des fils qu'on a soin de tendre dans la terrine ; ce sucre s'appelle *sucre candi*. Les confiseurs se plaisent à étaler sous verre, aux regards des passans, les larges produits de cette belle cristallisation.

SUCRE DE RAISIN.

728. Je comprendrai sous ce nom les sucres que l'on retiré *naturellement* du raisin, des figues, des pruneaux, du miel, de la châtaigne, de l'urine des diabètes, des champignons, du chiendent, et *artificiellement* du ligneux et de l'amidon (228). Il ne diffère presque[1] du précédent que par sa cristallisation, qui se présente sous forme de sommités de choux-fleurs. Le mode d'extraction en varie selon la composition du suc des diverses plantes, et selon la présence ou l'absence, ainsi que la nature de leurs acides ou de leurs sels.

729. SUCRE DE RAISIN proprement dit. — On exprime le jus du raisin (703), on sature l'acide avec de la craie ou plutôt de la pierre à chaux en poudre; après le précipité on clarifie au sang ou au blanc d'œuf; on évapore jusqu'à 35°. On l'abandonne quelques jours, au bout desquels la masse se prend en une masse cristalline; on lave et l'on comprime. Pour le blanchir, on se sert de noir animal. Proust mérita le grand prix que Napoléon offrit à la personne qui découvrirait des procédés faciles pour extraire, avec bénéfice, du jus des raisins, des quantités suffisantes de sucre pour les besoins de l'Europe méridionale.

730. SUCRE de MIEL. — Le miel le plus pur est composé de sucre cristallisable analogue à celui de raisin, et de sucre incristallisable analogue à la *mélasse* (721). Les moins purs renferment en outre un acide et de la cire; et ceux qu'on extrait avec le plus de négligence, tels que ceux de la Bretagne, contiennent des fragmens du *couvain*, qui leur communique ses qualités putrescibles. Les plus estimés sont ceux que l'on recueille au mont Hymette, au mont Ida, à Mahon, à Cuba, et, après eux, ceux du Gâtinais et de Nar-

(1) On a remarqué que ces espèces sucrent moins l'eau et le café que celui de canne, et que cette propriété est même considérablement affaiblie chez quelques-unes d'entre elles.

bonne, climats heureux où les plantes labiées se développent avec plus de succès que dans le nord de la France.

731. On a disputé beaucoup pour savoir si le miel est récolté ou élaboré par l'abeille. Pour répondre à cette question, il faut d'abord reconnaître que le miel est en premier lieu la nourriture de l'abeille; que d'un autre côté le suc des nectaires des fleurs, que vient sucer l'insecte, ne diffère presque pas du miel déposé par celui-ci dans les cellules des gâteaux de cire. Il faut donc admettre qu'une partie de ce suc, ayant fourni à l'alimentation de la mouche, a dû subir une altération, et que par conséquent la partie non altérée, qui est déposée par la mouche, est le superflu intact de l'alimentation, que l'abeille vient regorger et mettre à l'écart, comme moyen d'approvisionnement pour la saison moins favorable. Ce superflu intact se trouve mélangé au résidu attaqué; de là le mélange du sucre incristallisable au sucre cristallisable.

732. On sépare ces deux portions, en lavant à l'alcool, qui entraîne tout le sirop incristallisable, lorsqu'on exprime la masse entre un linge serré. On voit que l'extraction de ce sucre ne serait nullement économique.

733. Sucre de chiendent et de champignons. — C'est encore par le véhicule de l'alcool que l'on retire le sucre de ces deux genres de plantes, après avoir fait évaporer le suc à siccité. Le sucre de champignon, moins doux que celui de canne, cristallise en longs prismes quadrangulaires, à base carrée, et celui de chiendent en aiguilles groupées et très délicates.

734. Sucre de chataignes. — On chauffe la dissolution aqueuse, on filtre, on concentre; et elle laisse déposer avec lenteur du sucre que l'on dépouille, par la pression, des substances qui l'altèrent.

735. Sucre de diabétès sucré. — On verse, dans l'urine de ce genre de malades, du sous-acétate de plomb qui précipite la matière animale; on filtre, on précipite le plomb

qui est resté suspendu dans le liquide, au moyen d'un courant d'acide hydrosulfurique; on évapore en consistance sirupeuse, et le sucre cristallise.

736. Sucre d'amidon et de ligneux, ou sucres artificiels (228). — La durée de l'ébullition diminue, lorsque l'on emploie de plus fortes doses d'acide sulfurique; en quelques heures on a transformé tout l'amidon en sucre, si l'on traite cette substance par un dixième de son poids d'acide sulfurique. La fécule donne 4 pour 100 de sucre; cette fabrication se fait aujourd'hui en grand. On chauffe l'acide étendu d'eau par un courant de vapeur, et quand le liquide approche de l'ébullition, on y délaie l'amidon. L'opération est terminée en quelques heures.

SUCRES NON FERMENTESCIBLES (696).

737. Sucre de manne (mannite). — La *manne* découle des troncs des frênes et du *pinus larix*, sous forme d'un liquide sirupeux, qui se solidifie à l'air, en larmes légèrement jaunâtres. Ce liquide renferme une petite quantité de sucre de canne (719), une matière jaunâtre qui lui communique ses qualités laxatives, et une grande quantité de sucre de manne ($\frac{1}{6}$). On extrait celui-ci par l'alcool bouillant, qui le laisse précipiter en refroidissant. On l'exprime et on le fait cristalliser une seconde fois. Pour l'extraire du suc des ognons, des betteraves, du céleri, des asperges, plantes chez lesquelles il est associé à du sucre de canne, on décompose celui-ci par la fermentation vineuse (696); le sucre de *manne* reste et peut être obtenu à l'état cristallisé. Ce sucre colore en rouge de brique l'acide arsénique (694); il dissout l'oxide de plomb, que l'ammoniaque précipite ensuite. On n'a pas observé qu'il conserve, d'une manière appréciable, les qualités laxatives de la manne.

738. Glycérine (Chevreul) ou principe doux de l'huile. (Schéele). — Liquide, transparent, incolore, légèrement sucré, pesant 1, 25 à 17°, très soluble dans l'eau et dans

l'alcool. A la distillation ELLE SE VAPORISE et se décompose en partie; elle attire l'humidité de l'air; elle brûle sur les charbons incandescens, à la MANIÈRE DES HUILES. Elle dissout l'oxide de plomb. L'acide nitrique la convertit en acide oxalique, et l'acide sulfurique en sucre d'amidon.

739. On l'obtient, en chauffant, dans une bassine de cuivre, un mélange d'une partie de litharge pulvérisée, de 1 p. d'huile d'olive, et de ½ p. d'eau environ. On remue le mélange avec une spatule, et l'on remplace l'eau évaporée. On arrête l'opération, quand le mélange est sous forme d'emplâtre. On décante l'eau, on y fait passer de l'hydrogène sulfuré, afin d'en précipiter le peu d'oxide de plomb qu'elle pourrait contenir; on chasse l'excès du gaz hydrogène sulfuré par la chaleur; et l'on concentre dans le vide ou au bain-marie.

740. Ce principe se produit encore avec toutes les bases capables de déterminer la saponification des corps gras.

741. SUCRE DE LAIT. — Cristallise, dit-on, en parallélipipèdes réguliers, terminés par des pyramides à quatre faces, blancs, demi-transparens, croquant sous la dent, qui décrépitent et se boursoufflent sur les charbons incandescens; soluble dans 9 parties d'eau froide, plus soluble dans l'eau chaude, fort peu dans l'alcool. Il acquiert une plus grande solubilité dans l'eau, il perd sa propriété de cristalliser, et il prend tous les CARACTÈRES DE LA GOMME, quand on le torréfie. LA POTASSE ET LA SOUDE AUGMENTENT ENCORE SA SOLUBILITÉ. Il se comporte avec l'acide nitrique et avec l'acide sulfurique, exactement comme la gomme arabique (658). Il n'est précipité de sa solution aqueuse par aucun sel, ni aucun alcali; l'infusion de noix de galles ne le trouble point. Ce n'est qu'après l'avoir fait cristalliser un assez grand nombre de fois, que la potasse n'en dégage plus d'ammoniaque.

742. On l'obtient du petit-lait par évaporation; c'est en Suisse qu'on en fabrique la plus grande quantité.

743. SUCRE, OU PLUTOT SUC DE RÉGLISSE. — On l'extrait

en traitant les racines du *Glycyrrhiza glabra* et de *l'Abrus precatorius* par l'eau bouillante, concentrant la liqueur à une douce chaleur, le mêlant à de l'acide sulfurique, qui précipite à la fois le sucre de réglisse et l'albumine végétale (288). On lave le précipité à l'eau aiguisée d'acide sulfurique, puis à l'eau pure ; on dissout dans l'alcool qui laisse l'albumine et s'empare du sucre. On verse dans la liqueur, goutte à goutte, une dissolution de carbonate de potasse, jusqu'à ce que la liqueur ne soit plus acide ; on filtre et on évapore ; le sucre reste sous forme d'une masse jaune, translucide, fendillée, qui se détache facilement du vase.

744. Le sucre extrait du jus de réglisse est d'une couleur brune, et cette couleur n'est pas changée quand on le traite par le charbon animal.

745. Le sucre de réglisse a une saveur un peu différente du jus de réglisse, qui est toujours un peu nauséabond ; il est soluble également dans l'eau et dans l'alcool. Jeté à l'état de poudre dans la flamme, il brûle comme la poudre de Lycopode (365 [2]). Les acides organiques et inorganiques, les bases et certains sels précipitent le sucre extrait du *Glycyrrhiza*, mais non celui que l'on extrait de l'*Abrus precatorius* (717).

746. Remarques essentielles sur ces dernières espèces de sucres. — Toutes ces substances qui n'ont de commun que le nom spécifique, ne peuvent être que des mélanges de la vraie substance saccharine, avec un plus ou moins grand nombre d'autres corps, dont il serait téméraire de préciser d'avance la nature, mais que la nouvelle méthode doit se proposer de démêler ; et ce n'est que par l'abus des classifications systématiques que les auteurs de chimie les ont fait figurer, comme substances *sui generis*, dans leurs catalogues [1]. Pour sentir toute la justesse de notre assertion,

(1) Berzélius (*Traité de Chimie*, tom. V, pag. 256, 5) est porté à considérer même, comme un genre particulier, le sucre de réglisse !!!

il est bon de faire observer d'avance que l'huile peut être rendue soluble dans l'alcool et dans l'eau par un acide ou par un alcali; que le lait renferme de la gomme, de l'albumine et un acide ou un alcali, à la faveur duquel l'albumine peut devenir soluble également dans l'eau et dans l'alcool; que le suc de réglisse peut présenter des circonstances analogues ; qu'enfin tous les liquides renferment des combinaisons salines susceptibles de se dissoudre dans les deux menstrues. Or, toutes ces circonstances sont capables non-seulement de prêter à la substance saccharine des propriétés étrangères à son essence, et de masquer celles qui lui sont propres, non-seulement de s'opposer à sa cristallisation normale, mais encore de paralyser sa propriété fermentescible.

747. S'il fallait admettre, comme espèce particulière de sucres, toute substance qui joindrait à la saveur sucrée un caractère qui la distinguerait du sucre pur, il faudrait s'attendre à voir ce genre s'accroître à chaque nouvelle analyse.

748. Ces réflexions peuvent s'appliquer, avec autant de raison, aux résultats obtenus par l'analyse élémentaire de ces diverses espèces, que je vais présenter comparativement dans un seul tableau :

§ 4. Analyse élémentaire des diverses espèces de sucre.

		Carbone.	Oxig.	Hydrog.
Sucre de canne.	Gay-Lussac et Thénard	42,47	50,65	6,90
	Berzélius [1]	42,22	51,17	6,60
	Prout	42,85	50,71	6,44
Sucre de raisin.	Saussure	36,71	56,51	6,78

(1) La première analyse publiée par Berzélius diffère encore (664[1]) considérablement de celle-ci; la voici : Carb. 44,20; oxig., 49,01; hydrog., 6,78. Berthollet et Saussure ont obtenu des résultats analogues à ceux de Gay-Lussac.

		Carbone.	Oxig.	Hydrog.
Sucre d'amidon.	Saussure	37,29	55,87	6,84
	Prout	36,20	56,75	7,05
Sucre de miel.	Prout	36,36	56,58	7,06
Sucre de manne.	Saussure	38,53	54,60	7,87
	Prout	38,70	54,50	6,80
	Henry et Plisson	44,10	49,76	6,13
Glycérine.	Chevreul	40,07	51,00	8,92
Sucre de lait.	Gay-Lussac et Thénard	38,82	53,83	7,34
	Berzélius	45,26	48,34	6,38
	Prout	40,00	53,36	6,63

749. L'examen comparatif de ces nombres amène aux conséquences suivantes : 1° Le sucre de canne, qu'il est permis de considérer comme le prototype du genre, peut être représenté par un atome de carbone, un atome d'oxigène et deux atomes d'hydrogène, c'est-à-dire par du carbone et de l'eau. 2° Les proportions de l'eau augmentent d'autant plus que le sucre cristallise d'une manière moins compacte. Ainsi le sucre de raisin, amidon, miel, etc., a moins de carbone et plus d'eau que le sucre de canne. 3° Les résultats des diverses analyses sont d'autant plus variables et discordans, que le sucre cristallise avec moins de régularité, et qu'il est associé à un plus grand nombre de substances étrangères (*sucre de lait* et *sucre de manne*). 4° L'analyse, qui offre le plus grand excédant d'hydrogène, est précisément celle de la substance sucrée, qui provient de la substance la plus hydrogénée de toutes celles ci-dessus, je veux dire de l'huile et des corps gras (*glycérine*) (746).

750. Mais la conséquence la plus importante en physiologie, c'est l'identité de la composition élémentaire du sucre le plus pur et de la gomme arabique (664). D'un autre côté, si l'on compare les deux analyses du sucre et de la gomme

avec celle du bois (187), on remarquera que celle-ci ne diffère des deux autres que par une plus grande proportion de carbone ; et comme nous avons eu déjà l'occasion de faire observer que tout tissu ligneux a passé par l'état mucilagineux, et a commencé par être gommeux (179), il semblerait s'ensuivre qu'il ne serait parvenu à son état définitif qu'en se dépouillant successivement de ses molécules aqueuses. Mais je puis déjà faire remarquer, sans attendre la dernière partie de cet ouvrage, que l'organisation du ligneux ne se fait pas seulement par dépouillement, mais par une espèce de combinaison avec les bases. Le sucre, qui ne s'altère nullement à l'air lorsqu'il est seul en dissolution, se change en gomme, en mucilage, et il s'organise, lorsqu'on a soin de placer dans la solution un sel à base terreuse (680) ; et la gomme la moins soluble, celle qui présente les plus riches commencemens d'organisation, la gomme arabique ou du pays (659, 665), est celle qui renferme une plus grande proportion du sel calcaire. L'acide sulfurique semble ne transformer le ligneux en gomme et puis en sucre, c'est-à-dire le ramener vers son origine, qu'en le dépouillant des bases terreuses avec lesquelles il s'était combiné. Mais la combinaison de la base calcaire avec le suc sucré ou gommeux ne peut se faire, sans que la substance organique ne perde de son eau de cristallisation, si je puis m'exprimer ainsi, et par conséquent de sa solubilité ; aussi voyons-nous, par l'analyse de Berzélius, que le sucre analysé après avoir été précipité, ou en d'autres termes, après s'être combiné avec l'oxide de plomb, présente une plus grande proportion de carbone : carbone. 44,99 ; oxigène, 48,60 ; hydrogène, 6,41.

§ 5. Usages du sucre.

751. Le sucre de canne paraît avoir été inconnu en Europe jusqu'aux guerres d'Alexandre-le-Grand, et depuis lors il n'était employé qu'en médecine, à cause de sa rareté ;

dans toutes les autres préparations domestiques et industrielles, on se servait exclusivement de miel. Ce ne fut qu'à l'époque des croisades que les Vénitiens le répandirent en Europe, et l'usage en est devenu général, depuis la découverte de l'Amérique [1] et l'établissement de nos plantations dans les colonies.

752. Le sucre sert à faire les sirops; dans cette préparation il édulcore, épaissit et conserve les sucs végétaux dont la thérapeutique est dans le cas de faire usage. On en fait des *condits*, en faisant bouillir des fruits ou portions de fruits dans un sirop de sucre, et en les y conservant. On a même découvert que le sucre était un excellent antiseptique, et que, pour prévenir la putréfaction, il en faut beaucoup moins que de sel marin. Les poissons se conservent quand, après les avoir vidés, on les remplit de sucre en poudre.

753. Orfila l'avait recommandé comme contre-poison contre le vert-de-gris (oxide de cuivre) (451); on est revenu sur l'efficacité de ce moyen, et l'on recommande aujourd'hui l'emploi de l'albumine en ces circonstances.

754. Dans le commerce on falsifie la *cassonade* (721) avec du sucre de lait; il est facile de reconnaître la fraude, à l'aide de l'alcool à 33°, qui dissout la cassonade et laisse le sucre de lait presque intact (741).

755. Les sucres, que je considère comme des mélanges, (746) sucrent moins que le sucre de canne. Le sucre de raisin, par exemple, sucre deux fois et demie moins que le sucre ordinaire.

§ 6. Applications.

756. Chimie. — Pelouze vient de publier un travail duquel il résulterait que le sucre incristallisable (717), qui est un véritable déchet pour nos établissemens de fabrication de sucre, n'existe pas, dans le suc de la betterave, avant la

(1) La canne à sucre est originaire des deux Indes.

manipulation; que cette mélasse est donc le produit d'une altération.

757. Avant toute espèce d'expériences directes, ceci aurait dû paraître incontestable; car s'il est démontré que l'action de la chaleur trop élevée ou trop prolongée suffit pour altérer les qualités du sucre le plus purement cristallisé, quoique dissous dans une quantité suffisante d'eau (676), ne doit-il pas paraître évident que la chaleur exercera les mêmes influences sur le sucre, avant son extraction? car de semblables lois ne se montrent jamais capricieuses.

758. Mais les expériences de l'auteur ne sont pas à mes yeux aussi concluantes que le principe est incontestable. Pelouze a mis en contact, avec de l'alcool à 85 centièmes et à 30° de chaleur, des tranches très minces de betterave blanche, dite de Silésie, en saturant l'acide de la betterave par quelques gouttes d'une dissolution de potasse étendue. Au bout de 36 heures, l'alcool ne s'était pas sensiblement coloré. Evaporé à une très douce température, il a laissé un résidu d'un blanc très légèrement grisâtre, qu'on a desséché au bain-marie et traité ensuite par de l'alcool à 97 centièmes, distillé trois fois sur la chaux vive. Cet alcool n'a pas dissous la moindre trace de sucre quelconque; or, si le sucre incristallisable existait dans la betterave elle-même, on l'aurait retrouvé ici, soit dans l'alcool anhydre, soit dans le résidu insoluble dans ce liquide; mais celui-ci n'attire pas plus l'humidité de l'air que le sucre raffiné, tandis qu'il est impossible de bien dessécher le sucre incristallisable.

759. Or, en tirant ces inductions, l'auteur a supposé que le sucre incristallisable est une substance *sui generis*, comme le sucre cristallisé; mais c'est supposer comme principe ce qui est en question. Car un mélange de gluten acidulé (746) et de sucre pur, le tout plus ou moins mélangé à divers sels, est capable de présenter tous les caractères du sucre incristallisable, c'est-à-dire de se dissoudre également dans l'eau et dans l'alcool, et de se refuser à la cristallisation par son

extrême déliquescence. Dans ce cas le procédé de l'auteur n'est rien moins que propre à révéler l'existence de ce mélange. Car 1° l'alcool, en coagulant la substance gommeuse qui aura suinté sur la surface de chaque tranche, aura emprisonné les molécules plus ou moins nombreuses du mélange dont nous parlons, pour lesquelles la coagulation aura formé un rempart impénétrable à l'action de l'alcool; 2° la potasse employée pour saturer l'acide de la betterave, acide auquel le gluten doit sa double solubilité, aura ajouté encore une nouvelle couche protectrice à la coagulation. En conséquence l'alcool à 85 n'aura pris que le sucre pur et non les divers mélanges qui en masquent les caractères.

760. Je ne fais ici que placer la question sur son véritable terrain; je combats, non le fait matériel en lui-même, mais la démonstration. Car en me fondant sur toutes les considérations ci-dessus exposées, et qui me semblent plus concluantes que l'expérience de l'auteur, j'admets que la manipulation est susceptible d'augmenter la proportion du sucre incristallisable, en faisant naître une foule de mélanges trompeurs. La chaux que l'on emploie pour la défécation (721) ne doit-elle pas en effet, comme la potasse (303), donner naissance à divers acides, que l'acide sulfurique (725) éliminera ensuite, et qui viendront grossir le nombre des dissolvans du gluten (289), ou former des sels propres à paralyser la cristallisation d'une partie du sucre? et en adoptant la méthode inverse proposée par Achard et suivie généralement depuis quelque temps, c'est-à-dire en employant d'abord l'acide sulfurique et ensuite la chaux, on en diminue peut-être la quantité, mais on n'arrête pas la formation du sucre incristallisable.

761. Fabrication. — Derosne a proposé en 1808 de remplacer la purification au terrage (721), par la purification à l'alcool à 33° environ ou esprit $\frac{5}{6}$. Ce procédé est basé sur la propriété, que possède ce menstrue, de dissoudre plus facilement le sirop ou mélasse que le sucre solide et

cristallisé ; on distille ensuite la mélasse alcoolique pour ne point perdre l'alcool. Ce procédé, pour être économique, exige des précautions que la volatilité de l'alcool indique d'avance, et dont la nature de cet ouvrage ne comporte pas la description.

762. Outre les qualités plus ou moins bien raffinées du sucre en pain, on distingue, dans le commerce, sous le nom de *sucres lumps*, *bâtardes*, *vergeosies*, *mélasse*, les produits plus ou moins bien égouttés, obtenus par le traitement des sirops qui résultent du raffinage, et que l'on désigne sous les noms de *sirops verts*, *sirops couverts ou d'égoût*. La *mélasse* (721) en est le dernier résidu, sur lequel le raffinage n'a plus de prise.

TROISIÈME GENRE :

LIQUIDE DE LA CIRCULATION VÉGÉTALE. — SÈVE.

763. La *sève* est un liquide destiné à alimenter les cellules soit de développement soit d'approvisionnement (174), et dont le caractère essentiel est d'obéir à un mouvement circulatoire, qui en ramène sans cesse la colonne sur elle-même. Je distinguerai deux espèces de sèves, que je désignerai, l'une sous le nom de *sève cellulaire*, qui circule dans l'intérieur d'une cellule; et l'autre, sous celui de *sève vasculaire* qui, circule dans le réseau des vaisseaux (175).

PREMIÈRE ESPÈCE : SÈVE CELLULAIRE [1].

764. Depuis la découverte de Corti, les physiologistes ont eu de fréquentes occasions d'être témoins de la circulation qui a lieu dans l'intérieur d'un entre-nœud de charaigne (*Chara hispida*, L.) (95); mais les observations qui ont suivi celles de Corti n'ont rien ajouté à celles de l'auteur italien ; car l'ancienne méthode d'investigation physiologi-

(1) *Bull. des Sc. nat. et de géologie*. Septembre 1827. — *Annal. des Sc. d'obs*. Tom. II. pag. 59 ; 1829.

que semblait n'avoir d'autre but que de voir ce que les autres avaient déjà vu; et ce genre de succès était encore assez rare, pour qu'il tînt en quelque sorte lieu d'une découverte originale. J'ai consacré près de deux ans à l'étude physiologique et chimique du phénomène de cette circulation, en employant les procédés de la nouvelle méthode; et les résultats, que cette étude m'a fournis, me semblent offrir tous les caractères de simplicité qui distinguent les vérités démontrées.

§ 1. Mécanisme de la circulation dans un tube de Chara. (Pl. 6, fig. 3.)

765. Soit un entre-nœud de *chara hispida* [1], détaché du reste de la tige par une section pratiquée en dehors des deux articulations opposées qui le terminent (*f*), dont on a soin de retrancher tous les rameaux verticillés (*e*). On enlève, avec un scalpel, l'écorce qui le recouvre, par le procédé suivant : on étend l'entre-nœud sur une lame de verre plus courte que la distance des deux articulations (*f*), et que l'on tient plongée dans une petite capsule peu profonde et pleine d'eau. On pince, avec la pointe du scalpel, chaque lanière cylindrique de l'écorce (pl. 6, fig. 3, *d*); et, sans pénétrer trop profondément, on promène la lame du scalpel d'un bout de l'entre-nœud à l'autre, et on parvient ainsi à les détacher entièrement du tronc. Une fois que toutes les lanières cylindriques sont enlevées, on a mis à nu un gros cylindre incrusté d'une substance blanche, fortement adhérente, dure et cassante, qui résiste à l'action du scalpel, et qui devient farineuse par la dessiccation. C'est du carbonate de chaux, qu'il faut enlever au moyen d'une lame émoussée, et en ratissant le tube dans le sens de sa longueur, la lame étant tenue perpendiculaire. Le tube étant

(1) Cette espèce, qui, par la grosseur et la consistance de ses tiges, se prête très bien à ces sortes d'observations, se trouve en assez grande abondance dans l'étang de Trivaux, à Meudon.

ainsi préparé, on le place au foyer du microscope, plongé dans l'eau. On observe alors les phénomènes suivans :

766. A travers les parois transparentes du tube on aperçoit deux courans longitudinaux inverses l'un de l'autre (pl. 6, fig. 2, *b c*); ils semblent séparés par une ligne longitudinale, qui se montre sur les deux faces opposées du tube, et qui se distingue, par sa blancheur et sa limpidité, de la couche verte et granulée qui tapisse l'intérieur de ce tube. Chacun de ces courans charrie des globules ou des grumeaux de différentes dimensions, qui en décèlent la marche, mais qui ne se mêlent jamais avec ceux du courant opposé. Quelquefois seulement on observe, sur la ligne de démarcation (*aa*), de grands globes plus ou moins celluleux, qui, retenus au fond du liquide par leur pesanteur spécifique, obéissent là à la résultante des deux forces simultanées et opposées des deux courans, en pivotant sur eux-mêmes.

767. Gozzi, ayant pratiqué des ligatures sur un tube semblable, s'aperçut que la circulation continuait d'avoir lieu entre les ligatures. Je poussai plus loin l'expérience; je pratiquai deux ligatures (fig. 3, *aa*) à quelques millimètres de distance des deux articulations (*ff*); je coupai ensuite l'espace intermédiaire entre les articulations et les ligatures, et j'obtins ainsi un tube à articulations factices. Or non-seulement la circulation continua d'avoir lieu dans le tube mutilé (*aa*); mais encore, au bout de quelques jours, les deux ligatures tombèrent, les bouts du tube restèrent exactement fermés par la soudure spontanée de leurs bords, et la circulation continua d'avoir lieu pendant un mois (du 26 juillet au 3 septembre 1827).

768. Un tube artificiel ainsi préparé sert fort bien à compléter le spectacle de la circulation. On voit en effet que le courant (*b*), une fois parvenu à l'une des extrémités du tube, décrit le circuit tracé par le cul-de-sac opéré par la

soudure des bords, et devient aussitôt le courant opposé [1].

769. Nulle cloison ne sépare les deux courans, ainsi qu'on s'en assuré par la dissection suivante : que l'on coupe transversalement et obliquement, avec un rasoir, le tube dans lequel on aura remarqué l'existence de la circulation, on verra que ce tube se compose d'un étui cartilagineux, à parois épaisses, mais hyalines et fort transparentes (*g*, fig. 1). Les parois de tube sont tapissées intérieurement, et de chaque côté de la ligne médiane (fig. 2, *a*), par une membrane verte, sur laquelle on distingue, à l'état de vie, et à travers le tube hyalin, des séries parallèles de globule sverts. Non-seulement, à l'aide d'une pointe, on peut détacher cette membrane (*b*) par lambeaux, mais encore, en introduisant la pointe dans le tube, on reste convaincu que cette membrane est adhérente aux parois du tube extérieur ; et nulle cloison ne se remarque à l'intérieur.

770 Un phénomène, dont nous trouverons plus bas l'explication, a lieu dans cette expérience ; on voit partir avec rapidité de l'intérieur du tube, un liquide miscible à l'eau, mais qui n'obéit à aucune des lois qu'on avait eu l'occasion d'observer, quand le tube était intègre. Cependant, les causes qui présidaient à l'existence des deux courans opposés (766), continuent à exercer leur influence ; on voit, à travers le tube lui-même, des masses coagulées ramper contre la paroi (*cc*, fig. 1), en se dirigeant du côté de l'ouverture (*g*), d'où elles sont expulsées au dehors, sous forme d'une masse tremblante, globuleuse et blanchâtre, qui acquiert de la consistance à chaque instant [2] (*a*). Sur la paroi opposée du tube, on voit d'autres masses analogues se diriger, en glissant

(1) Cette observation peut se faire, avec la plus grande facilité, sur les jeunes pousses des rameaux, dont l'extrémité est aussi transparente qu'un poil, et en possède exactement l'organisation (164).

(2) Cette coagulation ne m'a pas paru avoir lieu, au moins d'une manière aussi intense, lorsque je faisais l'expérience dans l'eau distillée.

vers l'intérieur du tube. Cette expérience prouve évidemment que les parois du tube sont les agens de la circulation.

771. Dans un tube intègre (765) la moindre solution de continuité de la membrane verte suffit pour arrêter la circulation; et si elle continue encore quelques instans, on voit que le fluide circulant tourne tout l'espace privé de matière verte, et que le plus souvent rien ne passe par cette tache blanche. L'intégrité de la membrane verte est donc d'une indispensable nécessité à l'existence de la circulation. Aussi, dès qu'on a fait faire le moindre coude à un tube, on est sûr d'avoir arrêté la circulation dans son intérieur.

772. Après avoir enlevé tout le carbonate calcaire (765) qui recouvre le tube de *Chara*, si on le tient plongé dans l'eau commune, on ne tarde pas à le voir se couvrir peu à peu d'une incrustation cristalline, dans laquelle se montrent des rhomboïdes de chaux carbonatée, qui, en s'accumulant, apparaissent par réfraction, au microscope, comme de grandes taches noires, et par réflection et à l'œil nu, comme des cristallisations farineuses et blanches. Il ne faudrait pas croire que ces cristallisations soient isolées et libres à la surface du tube; si l'on observe au microscope les fragmens que l'on obtient, en ratissant le tube, on découvre que chacun de ces cristaux est emprisonné dans des interstices cellulaires d'une membrane qui ne paraît être que l'épiderme du tube décortiqué (545).

773. Si l'on plonge, au contraire, dans l'eau distillée, le tube décortiqué et dépouillé de son carbonate cristallisé, la nouvelle incrustation n'a plus lieu. Je ne saurais assurer que la circulation dure long-temps dans cette eau pure de sels; j'y ai pourtant conservé des tubes à articulations artificielles (787), depuis le 13 jusqu'au 22 août 1827; aucune incrustation ne se montrait sur leur surface.

774. Dans l'eau saturée de sulfate de potasse, l'incrustation ne m'a pas paru se produire ou augmenter pendant l'espace de 4 jours. Dans une solution de sel marin ordi-

naire, la circulation a duré tout au plus 2 heures. Dans une solution de nitrate de potasse, des tubes avec leur incrustation et à articulations factices (787) se sont conservés 9 jours, et je crois être en droit d'attribuer leur mort à des accidens mécaniques. Mais pendant ce court espace de temps l'incrustation s'était beaucoup éclaircie, par l'effet de la double décomposition.

775. Toutes ces expériences, surtout celle de l'alinéa 773, prouvent que l'incrustation de carbonate calcaire est moins l'effet d'une EXSUDATION que celui d'UNE VÉRITABLE INCRUSTATION PROVENANT DU LIQUIDE AMBIANT.

776. Si l'on place, au foyer du microscope, un tube décortiqué (765) et dépouillé de son incrustation, mais humecté par une faible goutte d'eau, on remarque qu'à mesure que l'eau s'évapore le mouvement intérieur se ralentit; mais si, à l'instant où il est sur le point de s'arrêter entièrement, on dépose de nouveau une goutte d'eau sur un point quelconque de ce tube, on voit subitement la portion du liquide intérieur correspondant à ce point humecté s'ébranler pour se remettre en mouvement; et si alors, à l'aide d'une paille, on promène la goutte d'eau sur le reste du tube, la circulation se rétablit avec toute sa régularité.

777. Si l'on plonge chaque extrémité du tube décortiqué dans l'eau, et qu'on laisse exposée à l'air la portion intermédiaire, celle-ci ne manque pas de se contourner et de se dessécher en s'aplatissant. Si le tube n'avait pas été décortiqué, cet effet n'aurait pas lieu. L'explication de cette anomalie se présente facilement, quand on pense que l'écorce de ces tubes se compose de tubes longitudinaux, dont les interstices et la capacité peuvent, par l'effet de la capillarité, porter l'eau sur toute la surface du tube qu'elle recouvre. Celui-ci, au contraire (pl. 6, fig. 3), n'offrant ni cellules ni cylindres, et se trouvant formé tout simplement d'une couche épaisse et homogène qu'on peut assimiler en quelque sorte à une membrane simple (480), il s'ensuit que sa

substance absorbe les liquides, par imbibition, dans le sens de son épaisseur et non dans celui de sa longueur. En d'autres termes le tube de *Chara* est à lui seul une grande cellule (163).

778. La cause qui fait contourner le tube desséché réside uniquement dans le retrait de la substance qu'il renferme : car si l'on coupe transversalement un tube décortiqué dans l'eau et qu'on l'y vide en l'exprimant entre deux doigts, le tube reprend aussitôt et il conserve, en se desséchant, sa forme cylindrique.

779. Une goutte d'alcool, d'ammoniaque liquide, d'alcali caustique, ou d'acide, soit végétal, soit minéral, déposée sur la surface externe d'un tube décortiqué, arrête subitement la circulation.

780. DONC LES PAROIS DU TUBE JOUISSENT DE LA PROPRIÉTÉ D'ABSORBER ET D'EXHALER PROMPTEMENT LES LIQUIDES QUI LES HUMECTENT. Arrivons maintenant au mécanisme de la circulation du liquide contenu dans le tube.

781. Le phénomène des deux courans inverses et ne se mêlant jamais entre eux avait paru si extraordinaire aux physiologistes, que la plupart, dans le but de diminuer l'anomalie, s'étaient crus autorisés à admettre l'existence d'une cloison entre les deux courans.

Quant à moi, dans mes expériences, je ne m'étais pas empressé d'expliquer les faits obervés ; persuadé que l'explication résulterait d'une série d'observations coordonnées d'une manière philosophique, je me contentais d'analyser et de décrire, lorsqu'un jour, faisant chauffer à la lampe un tube de verre plein d'alcool et dans lequel étaient suspendus des globules graisseux, je fus frappé de l'analogie qui semblait exister entre les mouvemens que la chaleur déterminait dans l'alcool, et la circulation que j'avais tant de fois observée dans un tube de *chara*. Je voyais en effet les globules graisseux monter du fond de mon tube, en glissant contre une moitié des parois, et une fois arrivés à la surface du liquide, je les voyais redescendre, en glissant

contre la paroi opposée, pour arriver une seconde fois dans le fond, et remonter encore, et ainsi de suite indéfiniment, ce qui offrait à l'œil deux courans inverses et séparés par une ligne de démarcation constante. Cette expérience peut se répéter, avec plus de facilité encore, au moyen d'un tube rempli d'alcool, dans le fond duquel on aura déposé de la sciure de liége; la chaleur seule de la main suffira pour y produire ce phénomène de circulation aussi long-temps qu'on désirera l'observer. Si l'on réfléchit maintenant un seul instant sur les circonstances de l'expérience, on ne manquera pas de s'assurer que c'est l'effet le plus simple et le plus ordinaire des lois hydrauliques : car dès que la chaleur vient à dilater des molécules de liquide, celles-ci tendent à monter; et comme elles éprouvent de la résistance de la part de la colonne verticale, elles prennent la résultante, et se dirigent vers une des parois qu'elles longent jusqu'à la surface du liquide. Là, poussées par les molécules suivantes, et devenues en outre moins légères par le refroidissement, elles redescendent, en longeant l'autre paroi, pour venir se réchauffer, se dilater encore et monter une seconde fois. Les particules de liége ou de graisse ne sont destinées, dans cette expérience, qu'à indiquer la marche des courans, et à représenter les molécules liquides dont la direction, sans ce moyen, échapperait aux regards. Si, pour mieux représenter encore la circulation des *chara*, laquelle a lieu, que le tube soit placé ou verticalement ou horizontalement, on n'a qu'à couder un tube de verre à angle droit, à remplir le côté horizontal d'alcool tenant en suspension des corpuscules; il ne sera plus besoin que d'employer un peu plus de chaleur, pour que les molécules puissent vaincre la résistance des parois supérieures contre lesquelles elles auront à glisser horizontalement; mais le phénomène sera évidemment le même [1].

(1) *Annal. des Sc. d'obs.* tom. III, pag. 304. 1830.

782. En conséquence, lorsqu'un mobile quelconque a donné une impulsion à un liquide renfermé dans un tube fermé par les deux bouts, il se produit nécessairement un double courant, ou plutôt un seul courant qui revient indéfiniment sur lui-même, sans mêler ses deux moitiés, et en conservant une ligne de démarcation bien distincte.

783. Or, dans les *Chara*, ce n'est point la chaleur qui est ce mobile, puisque tous les points de ces tubes étant également plongés dans l'eau, les uns ne peuvent être plus échauffés que les autres.

784. Mais nous avons vu que les parois des tubes décortiqués de *Chara* aspirent rapidement les liquides qui les mouillent (776, 779); ces mêmes parois expirent le liquide qu'elles recèlent avec non moins de rapidité (777, 778); ce qui doit être, puisque partout où il y a aspiration, imbibition, absorption continue, il doit nécessairement exister une expiration, une transsudation, la capacité restant invariable. Or ce double phénomène d'aspiration et d'expiration ne saurait avoir lieu, sans que le liquide contenu reçoive une impulsion capable de produire des courans et la circulation que nous venons de décrire et de définir.

785. Qu'on introduise en effet, dans la capacité d'un grand tube de verre, deux tubes effilés à la lampe, et se dirigeant au dehors en sens inverse l'un de l'autre; que l'extrémité de l'un plonge dans un réservoir d'eau, et que, par l'extrémité de l'autre, l'observateur aspire fortement l'eau du grand tube, aussitôt on verra s'établir dans l'intérieur du grand tube deux courans opposés se dirigeant l'un du tube qui aboutit au réservoir vers le fond du grand tube, et l'autre, du fond du grand tube vers le côté du tube aspirateur; là les corpuscules suspendus dans l'eau, ne pouvant pas s'introduire par l'extrémité trop effilée du tube aspirant, seront chassées par les molécules qui les suivent, pour aller compléter le cercle de la circulation.

786. Mais qu'est-ce que la force produite par deux tubes,

en comparaison de ces milliers de pores invisibles du tube des *Chara,* tous destinés à l'aspiration et à l'expulsion des molécules liquides qui doivent concourir et qui ont concouru à l'acte de la circulation? Aussi voit-on que les molécules organisées, que charrie le liquide circulant dans l'intérieur du tube de *Chara,* glissent en adhérant fortement à ses parois vertes; qu'elles ne dévient jamais de leur direction primitive (770); qu'alors même que le tube a été ouvert, sur une portion de sa longueur, les molécules organisées sont encore amenées au dehors par l'action de ces parois mêmes, à peu près comme une chaîne sans fin qui serait mise en mouvement autour de deux poulies opposées.

787. Le mobile de la circulation résidant dans l'aspiration et dans l'expiration des parois, d'un autre côté la ligne médiane blanche (pl. 6, fig. 2, *a*) ne présentant jamais les traces du moindre courant, et restant au contraire invariablement la ligne de démarcation des deux courans opposés, il est évident que la propriété d'aspiration et d'expiration est inhérente à l'agglutination de la couche verte contre la paroi interne du tube diaphane (771). Aussi la moindre solution de continuité dans cette couche arrête-t-elle subitement la circulation.

788. En nous occupant des *tissus respiratoires* des animaux (581), nous avons étudié les mouvemens que ces tissus sont capables d'imprimer au liquide ambiant; ici nous venons de constater le mécanisme des mouvemens que le *tissu respiratoire* des végétaux imprime au liquide contenu dans la capacité de l'organe. La question n'a pas changé de face, mais seulement de terrain, et dans les deux règnes le phénomène est identique : la cause mécanique en est dans l'*aspiration* et dans l'*expiration* des tissus; l'effet mécanique en est dans les mouvemens du liquide *aspiré* et *expiré;* la loi première du phénomène est une de celles qui échappent à l'observation.

789. Cette propriété d'aspirer et d'expirer les liquides,

nous avons déjà eu l'occasion de la reconnaître, parmi les substances végétales, à l'huile déposée dans l'acide sulfurique (689), au grain de pollen déposé sur une goutte d'eau (354); et cet organe aspire si fortement l'eau, qu'un *remou* énergique se manifeste autour de lui et fait tourbillonner le liquide ambiant.

§ 2. Analyse microscopique du suc qui circule dans les tubes de CHARA.

790. Un tube de *Chara hispida* (765[1]) ne renferme qu'une goutte de liquide; je doute que les chimistes eussent assez compté sur leur patience, pour entreprendre l'analyse de cette substance par les procédés en grand. Mais ce qui paraîtra certain aux personnes qui, ne se contentant pas de lire ce qui va suivre, essaieront de vérifier par elles-mêmes la nature des résultats, c'est que jamais les procédés en grand n'auraient fourni des résultats aussi précis et aussi simples que ceux auxquels m'ont amené les procédés compliqués, dont une prévision de chaque instant m'a fait suivre pendant deux ans tous les détours.

791. Toutes les fois que j'ai voulu examiner chimiquement le suc contenu dans un tube de *Chara*, j'ai eu soin de le dépouiller entièrement de son incrustation calcaire, de le laver ensuite à l'eau distillée, de le couper avec des ciseaux toujours nettoyés, et d'en répandre le suc sur une lame de verre passée à l'eau distillée et essuyée avec un linge blanc, en pressant le tube entre les doigts. Ce dernier procédé force un assez grand nombre de lambeaux de la membrane verte de sortir du tube avec le suc proprement dit; mais il est facile de tenir compte des modifications que sa présence est dans le cas d'apporter aux résultats.

792. Le suc d'un *Chara* plein de vie et de mouvement rougit toujours le tournesol d'une manière assez intense. Je crois avoir trouvé tout au plus deux exceptions sur des

centaines de tubes qui ont été sacrifiés à cette seule expérience, depuis le premier printemps jusqu'en automne.

793. L'ébullition la plus prolongée ne semble pas diminuer l'intensité de cette acidité. La fumée de l'incinération du produit réuni d'une vingtaine de tubes, bien loin de ramener au bleu un papier rougi par les acides, rougissait au contraire un papier bleu. Les personnes qui attachent une grande importance à ces réactions, quant à la détermination du règne organique auquel on puisse assigner une substance, décideraient, sur ce seul fait, que le suc de *Chara* ne renferme pas de substances animales.

794. Abandonné à lui-même, ce suc ne manque jamais d'acquérir une odeur marécageuse, bien plus prononcée encore que celle qu'il exhalait au sortir du tube; il se couvre d'infusoires ou d'une immense quantité de petits globules hyalins, qui, par leur rapprochement, ne semblent plus faire qu'une seule masse, et dont le diamètre, évalué approximativement, ne m'a pas paru dépasser $\frac{1}{400}$ de millimètre. Le suc a perdu alors son acidité.

795. Pour essayer ce suc par les réactifs dans un verre de montre, il faut en avoir obtenu une certaine quantité, l'étendre d'eau distillée (car l'aspect en est toujours louche). Voici ce qu'on observe :

796. L'oxalate d'ammoniaque ne produit aucun louche dans le liquide; le prussiate de potasse, même à l'aide d'un acide, ne le bleuit pas; l'infusion de noix de galles ne manifeste pas la couleur verte par laquelle ce réactif dénote la présence du carbonate de soude. L'ammoniate liquide et la potasse caustique n'en précipitent rien. Les acides étendus n'y produisent pas la moindre effervescence; la réaction du muriate de platine serait trompeuse sur d'aussi petites quantités; cependant on peut voir, avec un peu d'attention, qu'il précipite, mais faiblement. Ce suc ne renferme donc ni fer, ni carbonate de soude ou d'autre base, ni chaux libre ou combinée (661), ni alumine ni magnésie.

797. Le nitrate d'argent, au contraire, occasionne un précipité floconneux très abondant, qui devient violâtre au contact de l'air; ce suc renferme donc en abondance des hydrochlorates. Le liquide filtré passe transparent, mais à la longue il épaissit par l'ébullition et devient louche (288). Ce liquide renferme donc de l'albumine.

798. Je laissai précipiter, pendant une heure, les flocons que le suc extrait d'une trentaine de tubes m'offrait en suspension; je décantai le liquide, je lavai plusieurs fois le précipité à l'eau distillée, en attendant, pour décanter, chaque fois, que le précipité se fût un peu tassé; je fis incinérer alors le résidu dans une cuiller de platine, à la lampe à esprit de vin. Toute la substance commença par noircir; et, à la longue il est resté, contre les parois de la cuiller, une couche épaisse, blanche, d'un œil un peu bleuâtre, offrant les mêmes réticulations que l'albumine laisse par son incinération. L'eau distillée, avec laquelle j'ai lavé ces cendres, n'agissait, en aucune manière, sur les papiers réactifs. Un acide végétal étendu y produit une petite effervescence, mais ne parvient jamais à tout dissoudre. Au chalumeau on observe ces scintillations éblouissantes que présente le carbonate de chaux à l'instant où il passe à l'état alcalin. Ce qui reste, après le lavage par l'acide, ne fond pas, ne varie pas au feu ordinaire du chalumeau; il ne se délite pas dans l'eau, n'est jamais déliquescent; dissous dans l'acide nitrique étendu, l'oxalate d'ammoniaque en précipite abondamment la chaux; c'est enfin du phosphate de chaux. Eclairons maintenant ces réactions à l'œil nu par les investigations microscopiques.

799. Le suc d'un tube de *Chara*, étalé sur une lame de verre, offre, outre les lambeaux de la membrane verte (791) (pl. 6, fig. 1, *b*), une quantité considérable de globules blancs, plus ou moins libres, plus ou moins agglomérés en globes tremblotans (fig. 20), mais qui ne se prennent pas en une masse continue, comme lorsqu'on laisse les tubes se vider dans l'eau

(fig. 1, *a*). Ces grands globes sont ceux qu'on observait, à travers les parois, tournant sur leur axe (766). Les plus petits sont ceux qui étaient charriés par le liquide, et qui, en passant sous la membrane verte (771), ont paru verts aux observateurs modernes et ont été décrits comme tels.

800. Or, l'alcool concentré coagule les petits comme les grands globes, les rend plus opaques, et d'un blanc plus laiteux (449); l'acide nitrique les jaunit (fig. 1, *f*)(465); l'acide hydrochlorique concentré finit par leur imprimer une couleur d'abord violette, puis bleue, et les dissout, quand il est en excès (fig. 1, *e*) (467); l'acide sulfurique seul leur communique la couleur purpurine, que ce réactif communique à un mélange de sucre et d'albumine (fig. 1, *d*); l'ammoniaque caustique les dissout à l'état frais, et avant leur entière dessiccation; il en est de même de l'acide acétique; la chaleur en rapproche les molécules, et en altère la forme en les coagulant (443). Ces grands et ces petits globes sont donc de l'albumine précipitée du liquide circulant qui les tenait en suspension.

801. En laissant évaporer maintenant le liquide sur une lame de verre, de nouveaux phénomènes se présentent à l'observation[1]. Le liquide desséché présente çà et là, outre les grumeaux albumineux, quatre sortes de cristallisation que l'on voit groupées à la fig. 12, pl. 6 (*a b c d*). Leur forme étant constante, il s'agissait d'en étudier la nature; nous renvoyons cette étude à la 2e classe de ce système; il nous suffira ici de savoir que le cristal (*a*) est du chlorure de soude (sel marin); les arborisations (*d d d*), de l'hydrochlorate d'ammoniaque; les cristallisations (*b*), de l'hydrochlorate de potasse; et les lames elliptiques enfin, des cristaux de tar-

(1) Je recommande, dans ces sortes d'expériences, de bien étudier d'avance au microscope les impuretés de la lame de verre; elles offrent quelquefois des compartimens anguleux qui simulent des cristallisations, surtout lorsqu'elles ont été passées au feu d'une manière un peu brusque. Les verres de montre offrent beaucoup de ces sortes d'illusion.

trate de potasse déposés d'un mélange d'acide acétique et d'albumine. Car le tartrate de potasse dissous dans l'eau pure cristallise, comme on le voit fig. 13. Je prouverai ailleurs que ce mélange d'acide acétique, albumine et tartrate de potasse, correspond au prétendu lactate de potasse que Berzélius signale surtout dans le sang.

802. Le suc de la circulation de *Chara* renferme donc de l'albumine dissoute par l'acide acétique libre, de l'albumine indissoute ou plutôt précipitée peu à peu de sa dissolution, du sucre, des hydrochlorates d'ammoniaque, de soude, de potasse, du tartrate de potasse en dissolution. L'acide acétique, en se dégageant, quand on soumet le liquide à l'action de la chaleur, MASQUE LE DÉGAGEMENT DE L'AMMONIAQUE (793). D'un autre côté, quand on étend le liquide d'eau, l'ACIDE PERDANT ALORS DE SA FORCE, ABANDONNE UNE GRANDE PARTIE DE L'ALBUMINE (294), ET LE SUC SEMBLE SE COAGULER SPONTANÉMENT COMME PAR L'ACTION DE LA CHALEUR (443). Enfin cet acide et l'albumine s'opposent à la cristallisation régulière du tartrate de potasse, et le rendent déliquescent.

803. La membrane verte (766) renferme la résine que les chimistes ont désignée sous le nom de *Chlorophylle* (152).

804. J'aurais cru laisser incomplète l'analyse du suc de *Chara*, si je n'avais pas cherché à analyser la substance du tube lui-même. J'ai exprimé, dans l'eau distillée, un assez grand nombre de tubes pour les dépouiller de toute la matière verte qu'ils recélaient. Je les ai laissés séjourner quelque temps dans l'acide hydrochlorique très étendu, afin d'enlever tous les sels insolubles dont ils auraient pu être incrustés. Je les ai lavés de nouveau à l'eau distillée, et je les ai laissés sécher. Brûlés dans une cuiller de platine, leur fumée ramène au bleu un papier rougi par un acide. Incinérés près de la flamme blanche d'une chandelle, leurs cendres offrent les scintillations éblouissantes du calcaire qui devient alcalin. Ces cendres insolubles dans l'eau faisaient une vive effervescence avec les acides quelconques, et

elles s'y dissolvaient presque entièrement. Les réactifs n'y indiquaient enfin que le carbonate de chaux. Je déposai un certain nombre de tubes bien préparés dans l'acide sulfurique concentré ; ils s'y dissolvèrent presque entièrement. Sans attendre que l'acide vînt à charbonner la substance organique, j'étendis doucement d'eau le mélange, et je saturai ensuite l'acide par la craie ; je filtrai et fis évaporer le liquide, en ayant soin de filtrer de nouveau, toutes les fois que l'élévation de température précipitait le sulfate de chaux tenu en dissolution. Par l'évaporation complète, j'obtins une couche gommeuse, soluble dans l'eau, et précipitée par l'alcool.

805. Si l'on n'avait à sa disposition qu'une faible quantité de cendres à reconnaître, on pourrait se servir avantageusement de l'acide tartrique, qui précipite la chaux à un état cristallin, dont les formes sont susceptibles d'une détermination exacte.

§ 3. Application physiologique.

806. L'organisation du tube de *Chara*, dépouillé de son incrustation calcaire, ne diffère aucunement de celle de toute autre cellule végétale, tapissée à l'intérieur d'une membrane verte (152). Il est donc évident que le liquide que celles-ci renferment doit circuler de la même manière que le liquide du *Chara*, par suite de l'aspiration et de l'expiration de leurs parois (784). Il faut en dire autant de tous les entré-nœuds des conferves ; celles-ci, malgré leur transparence, possèdent une incrustation calcaire qui achève de compléter leur analogie avec le tube interne des *Chara*.

DEUXIEME ESPÈCE : CIRCULATION VASCULAIRE.

807. Nous venons de prouver (784) que les membranes végétales jouissaient, comme les membranes animales (581), de la faculté d'aspirer et d'expirer les liquides ambians. Nous avons démontré en même temps que cette double fa-

culté suffit pour mettre en mouvement les liquides renfermés dans la capacité d'une cellule, et leur faire subir une circulation, qui présente à l'œil comme deux courans contigus, immiscibles, et inverses l'un de l'autre (782). Mais si la capacité, au lieu d'être une cellule, est un cercle plus ou moins réticulé, alors la circulation ne présentera plus qu'un seul courant continu dans chaque portion de cylindre de l'anastomose. Ce sera une circulation proprement dite, une circulation vasculaire, la circulation enfin de la *sève des végétaux.*

808. Les expériences en grand ont achevé de démontrer l'existence de cette circulation vasculaire. Elles démontrent encore qu'au printemps et sur la fin de l'été elle est plus énergique qu'à toute autre époque, qu'en hiver elle sommeille d'autant plus que la température est plus basse, et qu'au-dessous de zéro, si l'abaissement de température est rapide, le liquide est capable, en se dilatant, de faire crever les troncs d'arbre avec explosion.

809. Ainsi les expériences qui n'auraient d'autre but que de rendre cette circulation visible au microscope ne seraient propres qu'à constater, sous un nouveau jour, un phénomène incontestable. Cependant il est bon de faire observer que certaines circonstances, que n'ont point signalées les physiologistes, sont capables de dissimuler une circulation véritable ou de présenter une circulation artificielle. Car 1° nous avons remarqué déjà que la circulation d'un liquide limpide ne pouvait être rendue sensible que par la présence des corpuscules qu'il charrie (781); (un liquide en effet qui remplit exactement une capacité, ne change point de pouvoir réfringent par le déplacement de ses molécules, si toutefois les unes n'acquièrent pas plus de densité que les autres); or il peut se trouver des sucs végétaux qui ne charrient aucun globule de substance organisatrice coagulée; la circulation en sera alors invisible, et les physiologistes déclareront qu'elle n'existe pas; 2° lorsqu'on isole, par une

solution de continuité, un organe végétal, le suc des orifices, des vaisseaux amputés et même des cellules allongées, venant à s'écouler au dehors, entraînera nécessairement à sa suite le suc plus ou moins stationnaire du réseau vasculaire et celui du fond des longues cellules; et, si ce suc charrie des globules, le physiologiste invoquera ces mouvemens accidentels en faveur de l'existence de la circulation. Ajoutons encore que, par le fait seul de l'amputation de l'organe, les substances organisatrices n'étant plus soumises aux influences de la vie, pourront se coaguler plus ou moins en globules, et indiquer dès lors une circulation auparavant invisible. Enfin il est une troisième circonstance bien puissante en illusions ; c'est la transparence elle-même des parois des vaisseaux, transparence telle que les corpuscules qui passent au-dessous de la lame végétale, par l'effet des mouvemens de la goutte d'eau du porte-objet, semblent circuler dans l'intérieur même des vaisseaux, qui, étant en relief sur la lame végétale, s'opposent à ce que ces globules prennent une autre direction.

810. Je ne parlerai pas ici, si ce n'est pour mémoire, de l'influence que le microscope solaire peut exercer sur ces sortes d'expériences ; il est évident, en effet, que la chaleur du soleil produira, dans le réseau vasculaire, la circulation que la chaleur artificielle détermine dans l'intérieur d'un tube plein de liquide (781).

§ 1. Direction de la circulation végétale.

811. Par la manière dont nous avons conçu la formation du tronc végétal (177), (et ceci s'applique non-seulement au tronc principal, mais encore à tous les troncs accessoires que nous nommons des branches), on pourra se faire une idiée de la direction de la sève. Le tronc étant formé d'emboîtemens, insérés par un *hile* (171), les plus internes sur la paroi de l'externe, et ces emboîtemens étant parcourus, soit dans le sens de leur longueur, soit dans le sens de la lar-

geur, par un réseau de canaux vasculaires, la circulation transmise par le hile devra nécessairement monter par la moitié supérieure au hile, descendre par la face opposée, et remonter par l'autre moitié inférieure au hile, ou *vice versâ*, en transmettant au *hile* de l'emboîtement plus interne la portion de sève qui doit suffire à sa nutrition; là la circulation prendra une direction analogue à celle de l'emboîtement plus externe. Par conséquent, si l'on coupe transversalement un tronc, on apercevra, sur les deux surfaces amputées, un écoulement séveux; car sur les deux surfaces il existera alternativement une moitié d'emboîtement à sève montante et l'autre à sève descendante.

812. Les troncs accessoires (*rameaux*) qu'on doit considérer comme des troncs empâtés, par leur base radiculaire, sur un point du tronc principal, ces troncs accessoires, dis-je, absorberont la sève, par le même mécanisme que les sommités des racines puisent, dans le sein de la terre, les sels en dissolution qu'elles transmettent ensuite à la nutrition du végétal.

§ 2. Élaboration de la sève. — Sève montante et sève descendante.

813. Les racines sont munies à leurs extrémités d'une espèce de suçoir, qui m'a toujours paru empâté sur une molécule terreuse [1], à peu près comme l'alcyonelle (631[1]) est empâtée sur la meulière. Les racines aspirent, par le véhicule de l'eau, les substances terreuses qui sont destinées à former leurs tissus (voy. *le deuxième groupe de ce système*), et elles transmettent ces solutions salines aux emboîtemens du tronc.

814. Il faut bien remarquer que les emboîtemens radi-

(1) Ces empâtemens sont d'une évidence palpable, lorsque les racines ont été obligées de se développer entre les fentes des rochers; on voit qu'elles ne tiennent à la surface de la roche que par l'adhérence de leurs suçoirs; et cette adhérence n'a pu avoir lieu que par une aspiration du tissu (622).

culaires pénètrent jusqu'à un emboîtement interne du tronc, et qu'ils ne s'arrêtent pas à l'emboîtement le plus externe, que nous nommons l'*écorce*. Nous pouvons donc penser que cette sève ascendante, qui ne renferme encore rien d'organisateur, est reçue spécialement par les emboîtemens intérieurs.

815. Mais nous savons d'un autre côté que les feuilles, d'abord *anthères* et ensuite *cotylédons* nourriciers du bourgeon (403), sont chargées d'*aspirer* l'acide carbonique de l'air, et d'en séparer le carbone au profit du développement du végétal, et que la même fonction de respiration est dévolue à toute surface externe qui possède de la substance verte (771). Or, comme tout tissu ligneux se réduit en définitive à une molécule d'eau et une molécule de carbone associées, d'après nous, à une base terreuse, nous avons, dans le concours combiné de la succion des racines et de l'aspiration des feuilles, de quoi fournir à une nouvelle élaboration d'emboîtemens ligneux, et par conséquent à l'accroissement en longueur et en diamètre du végétal.

816. En conséquence, les solutions salines sont transmises par les racines à l'étui intérieur du tronc qui, par le mécanisme de son organisation vasculaire, le porte à la succion radiculaire des divers troncs ou rameaux auxquels il a donné naissance et qui sont restés empâtés sur lui. Ceux-ci les transmettent aux appendices foliacés qui les terminent et en émanent; et c'est dans ces poumons que la sève inorganique devient, en s'associant au carbone, une sève organisatrice. Celle-ci descend et vient circuler à son tour, par les canaux qui lui sont propres, dans les emboîtemens intérieurs, pour fournir à leur accroissement la substance élaborable; mais c'est par l'écorce vivante ou l'emboîtement vivant le plus externe que sa distribution s'opère; ceci est essentiel à noter.

817. Qu'arrivera-t-il maintenant, si vous pratiquez sur l'écorce une solution de continuité circulaire? N'est-il pas évident que la partie du tronc inférieure à l'incision,

ne recevant plus directement la sève organisatrice, et ne recevant presque que la sève inorganique, restera comme stationnaire ; tandis que la portion du tronc supérieure à l'incision, recevant abondamment la sève élaborée par les poumons de la plante (403), par les feuilles, en sève organisatrice, pourra, dans ses divers emboîtemens, l'élaborer en tissus organisés, et qu'elle s'accroîtra, comme à l'ordinaire, en largeur et en longueur. Or c'est ce que l'expérience démontre. J'ai dit que la portion du tronc inférieure à l'incision *restera comme stationnaire ;* ce qui signifie qu'elle s'accroîtra moins ; elle s'accroîtra cependant, car elle recevra, des emboîtemens plus internes, une portion de la sève organisatrice, mais elle ne s'accroîtra que dans la même progression qu'eux. En effet l'expérience démontre que le principal accroissement en diamètre a lieu sous l'écorce. C'est là que la sève organisatrice arrive d'en-haut en premier lieu et en plus grande abondance.

818. Nous entendrons donc, par *sève ascendante*, la sève transmise par les racines (*solution aqueuse des sels terreux*), et par *sève descendante*, cette sève élaborée par les feuilles (*association de l'eau et des bases terreuses avec le carbone*). La *sève descendante* subit une nouvelle élaboration pour se transformer en tissu ; cette élaboration a pour but de changer en combinaison une simple association de principes hétérogènes. Je ne parle pas ici des diverses transformations que les cellules des divers organes sont susceptibles de lui faire subir ; c'est cette dernière élaboration qui donne naissance à tous les produits organiques que nous aurons à examiner plus loin.

§ 3. Diverses espèces de sève.

819. La sève étant la source où tous les tissus du végétal viennent puiser leur organisation ou les matières premières que leur élaboration transforme en produits organiques, et les tissus variant de composition et de produits, selon les

espèces de végétaux, il est évident que la sève offrira des différences chimiques et souvent physiques, selon les espèces de plantes; selon les époques de l'année, et enfin selon les organes d'où on l'extraira.

820. La *sève montante*, par exemple (818), pourra contenir en dissolution plus ou moins de sels, et la *sève descendante* sera plus ou moins avancée en organisation, et elle pourra charrier des produits d'une nature plus ou moins carbonée ou plus ou moins hydrogénée. Il est évident encore que, si l'on fait une entaille profonde dans le tronc des végétaux, on recevra plus de *sève montante* [1] que de *sève descendante* (816), c'est-à-dire plus d'eau chargée de sels que de liquide organisateur. Voilà pourquoi, dans l'extraction de tous les sucs propres des végétaux (gomme (737), manne (651), résine, etc.), on ne donne aux entailles que la profondeur de l'écorce, et une largeur telle que l'arbre ne puisse point trop en souffrir.

821. Nous devons distinguer les espèces de *sèves descendantes* [2] d'après les substances organisatrices ou organisantes qui y dominent: *sève gommeuse*, *sève sucrée*, *sève glutineuse* ou *laiteuse*, *sève oléagineuse*, *sève résineuse*, *sève gommo-résineuse*, *sève oléagino-glutineuse*. Nous ne nous arrêterons pas ici sur les *sèves gommeuses* et *sucrées*; nous ne ferions que répéter ce que nous avons dit sur le sucre (650) et sur la gomme (674).

822. Sève glutineuse ou laiteuse. — Lait végétal. —

(1) La matière végétale que signalent les analyses de Vauquelin dans la sève de l'orme, du hêtre, du charme, du bouleau, du marronnier, et Deyeux dans celle de la vigne, cette matière provient des cellules déchirées par l'entaille et des vaisseaux qui apportent, aux emboîtemens intérieurs du tronc, les matériaux de la *sève descendante*; l'acétate de potasse, le carbonate de chaux et l'eau, avec ses matières volatiles, au contraire proviennent de la *sève montante*. Les produits de ces deux sèves se mêlent, parce que leurs vaisseaux sont contigus, et que *l'entaille* ne saurait atteindre les uns, sans atteindre les autres.

(2) Ce sont les sèves que les auteurs désignaient sous le nom de *sucs particuliers* ou *sucs propres*.

On obtient ce suc par incision (820) de l'*arbre à vache* (*palo de vàca*), arbre de 100 pieds de hauteur sur 7 de diamètre, qui croît dans la province de Caraccas, à 1,000 ou 1,200 pieds au-dessus du niveau de la mer. Sa place dans le système botanique n'est pas encore déterminée.

823. Les habitans consacrent ce suc remarquable aux mêmes usages que le lait de vache, dont il partage les propriétés essentielles. C'est un liquide blanc et visqueux, dans lequel on trouve moitié de cire, du sucre, de la fibrine des auteurs, (ou d'après nous, du gluten dissous dans le liquide à l'aide d'un acide ou d'un alcali, et dont une partie, abandonnée par ce menstrue, reste en suspension sous forme de globules, et rend ainsi le liquide opalin, 294), de silice, d'une faible quantité de magnésie et de chaux combinée avec un acide dont la nature reste à déterminer.

824. On voit que ce produit, qui porte le nom d'une substance qu'on aurait pu croire le produit exclusif de l'animalisation, se compose en définitive de substances qu'on retrouve isolément ou plus ou moins mélangées dans le plus grand nombre des végétaux. Nous nous occuperons plus spécialement de la composition du lait en général, en nous occupant des substances organisatrices animales.

825. Sève oléagineuse. — L'huile ou le principe gras que peut charrier une sève, s'y trouvant en contact avec les bases alcalines, ne doit pas manquer de se saponifier. Aussi voyons-nous l'écorce du *Quillaïa smegmadermos*, entre autres, fournir un principe savonneux, qui mousse avec l'eau et sert à laver et détacher le linge.

826. Sève résineuse. — Cette sève descendante, qui est celle de tous les conifères, se compose de résine rendue liquide par son mélange avec une huile essentielle; elle se solidifie d'autant plus vite, au contact de l'air, que la proportion d'huile essentielle est moins considérable. La térébenthine ne reste si long-temps liquide qu'à cause de la prédominance de l'huile essentielle.

827. Sève gommo-résineuse. — Le mélange dans un même liquide de deux substances qui réclament, pour se dissoudre, deux menstrues différens, n'est pas un phénomène inexplicable. La sève renferme la gomme en dissolution et la résine en suspension, sous forme de globules sphériques, qui s'y pressent par myriades et rendent le suc laiteux et opalin; une partie de la résine peut y être tenue aussi en solution, au moyen de l'acide acétique qu'on retrouve libre dans un si grand nombre de sèves. La sève descendante de l'*Assa fœtida*, de l'euphorbe (*Euphorbia officinarum*), du *Cambogia gutta* qui donne la gomme gutte, la myrrhe qui se retire selon les uns de l'*Amyris kataf*, et, selon d'autres, d'un arbre voisin, l'encens qui provient du *Juniperus Lycia* et *thurifera*, l'*Opium* ou suc extrait de la capsule fraîche du *Papaver somniferum*, l'*Opoponax* qu'on extrait de la racine du *Pastinaca opoponax*, etc., appartiennent à cette espèce de sève.

828. Sève oléagino-glutineuse. — L'acide acétique ou une base alcaline peut occasionner la dissolution simultanée ou faciliter la double suspension de l'huile essentielle et du gluten (294), dans une sève descendante gommeuse. Par l'extraction de cette sève, la gomme, l'huile, le gluten viendront simultanément se condenser à l'air, et il en résultera un mélange qui présentera des caractères *sui generis*, qu'il devra à une altération quelconque de l'huile essentielle, altération dont nous nous occuperons en parlant des huiles. Tel est le suc qu'on extrait, par incision, du *Castilleja elastica* et de plusieurs autres plantes intertropicales.

§ 4. Application à l'agriculture.

829. L'*incision annulaire* que l'on pratique au-dessous des bouquets de fleurs de la vigne, ou au-dessous des fruits isolés des autres arbres fruitiers, arrête la sève organisatrice (817) sous le plateau nourricier de l'organe sexuel, qui ne peut manquer de profiter de cette prodigalité artificielle.

Aussi a-t-on reconnu que la pratique de ce procédé prévient les avortemens, augmente le volume et améliore la qualité des fruits.

DEUXIÈME DIVISION.

SUBSTANCES ORGANISATRICES ANIMALES.

PREMIER GENRE :

ALBUMINE SOLUBLE.

830. Malgré toutes les exigences d'une classification systématique, il eût été irrationnel de séparer, par un si long intervalle, ce que j'avais à dire sur l'albumine transformée en tissu, *albumine organisée* ou *insoluble*, de l'*albumine organisatrice* ou *soluble*. L'art voudrait en vain diviser ce que la nature a réuni; et comment diviser, si ce n'est par la pensée, deux états d'une même substance, dont l'un n'est que le dernier âge de l'autre, ou plutôt qui ne sont tous les deux que les extrêmes arbitrairement pris d'une longue série de nuances? Je renverrai donc, à cet égard, au chapitre de l'*albumine organisée* (429).

DEUXIÈME GENRE :

LAIT.

831. Sécrété par les glandes mammaires d'une classe d'animaux, le lait est un liquide blanc, opaque, un peu plus pesant que l'eau, d'une saveur douce et sucrée.

832. Abandonné à lui-même, au contact de l'air, à la température de 10°, ce liquide ne tarde pas à se séparer en deux portions, dont l'une (la *crème*) monte à la surface en vingt-quatre heures, et y forme une croûte épaisse, molle, blanche; et l'autre (le *serum* ou *lait écrèmé*) est plus liquide qu'auparavant; par un temps d'orage la crème monte en douze heures.

833. Après quatre ou cinq jours d'exposition dans la lai-

terie et toujours à la température de 8 à 10°, la crème séparée du *serum* est battue violemment dans une baratte ou *serène* pleine d'eau; la masse qui reste insoluble constitue le beurre, que l'on conserve en le salant.

834. Le *serum* devient acide, et on en retire par la distillation une grande quantité d'acide acétique.

835. Exposé à une température plus élevée et au contact de l'air, le lait se caille, aigrit, et finit ensuite par donner tous les produits ammoniacaux de la fermentation putride. On prévient cette décomposition en le faisant bouillir souvent.

836. L'alcool, les acides forts le coagulent; il faut en dire autant des sels neutres très solubles, du sucre, de la gomme, si l'opération se fait à chaud.

837. Les alcalis au contraire, la potasse, la soude et surtout l'ammoniaque, au lieu de coaguler le lait, font disparaître sur-le-champ le *coagulum* produit par l'action des acides.

838. L'analyse de Berzélius, que nous ne considérons que comme une analyse approximative, présente les résultats suivans : 1000 parties de lait écrémé de vache, d'une pesanteur spécifique de 1,033, contiennent 928,75 d'eau; 28,00 de matière caséeuse avec trace de beurre; 35,00 de sucre de lait (741); 1,70 d'hydrochlorate de potasse; 0,25 de phosphate de potasse; 6,00 d'acide lactique, d'acétate de potasse avec un vestige de tartrate de fer; 0,5 de phosphate de fer. La crème, d'une pesanteur spécifique de 1,024, donne, sur 100 parties, 4,5 de beurre; 3,5 de fromage; 92,0 de *petit-lait*, dans lequel est renfermé 4,4 de sucre de lait et de sels. La matière caséeuse donne, par l'incinération, 6,5 pour 100 de cendres formées de phosphate terreux et de chaux pure.

839. La nature des climats et des pâturages influe sur la qualité et les proportions des principes du lait. Par les procédés industriels, on retire plus de beurre du lait dans

certains pays que dans d'autres. La *prêle*, dit-on, donne au lait une couleur plombée et le prive de sa portion crémeuse.

840. Le BEURRE que l'on retire du lait est une substance grasse, inflammable comme les huiles, en général jaunâtre, d'une pesanteur spécifique moindre que l'eau, d'une saveur agréable et d'une odeur légèrement aromatique; insoluble dans l'eau et presque dans l'alcool, se saponifiant avec les alcalis. Il entre en pleine fusion à 60°.

841. Pour tranformer la crème du lait en fromage, on caille le liquide, soit avant, soit après son ébullition, au moyen d'un suc acide; ordinairement on se sert de la *présure* ou *caillette* d'un jeune veau non sevré; on recueille le coagulum, que l'on jette dans des moules percés de trous dans le fond; on le sale chaque jour; on le presse ensuite. La nature des fromages est encore plus variable que celle du beurre; ce qui provient des procédés de la fabrication, de la quantité de sel employée, de la température du local, et de la qualité des pâturages.

§ 1. Théorie des phénomènes physiques et chimiques que présente l'histoire du lait.

842. Le lait n'offre au microscope que des globules sphériques, fortement colorés en noir sur les bords à cause de leur petitesse, lorsqu'on ne se sert que d'un grossissement de 100 diamètres, et dont les plus gros dépassent à peine $\frac{1}{100}$ de millimètre. Ces globules disparaissent dans les alcalis, tels que l'ammoniaque; et le lait devient alors transparent. Dans un excès d'acide sulfurique concentré, une portion de ces globules se dissout avec le même mouvement qu'offrent les huiles (688), et l'autre partie reste indissoute et incolore. L'acide acétique concentré et l'acide hydrochlorique les dissolvent tous.

843. Si la masse du lait est plus considérable, elle se coagule en superbe blanc dans l'acide sulfurique[1]; les autres

(1) L'acide sulfurique ne colore pas le lait en purpurin, quoique ce liquide

acides ne le coagulent (le *caillent*) au contraire qu'étendus d'eau. Ce *coagulum* ne provient pas du seul rapprochement des globules entre eux; mais on voit évidemment, au microscope, que les globules sont enveloppés par une membrane transparente et albumineuse, diaphane et nullement granulée par elle-même; les acides et l'alcool agissent ici comme sur l'albumine soluble.

844. Ces globules montent à la surface du liquide en vingt-quatre heures, et viennent, en se rapprochant et se soudant par le contact, former une croûte onctueuse et peu consistante; mais on remarque que cette croûte se divise en deux couches dont la supérieure renferme plus de beurre (832) que l'inférieure.

845. Nous avons vu que le gluten (294), qui est l'albumine des végétaux, se dépose de sa dissolution acide, sous forme de globules sphériques, par l'évaporation spontanée de son menstrue. Le même phénomène se présente à l'observation microscopique, si l'on abandonne, à une évaporation spontanée, la solution aqueuse de la portion soluble de l'albumine de l'œuf à la température de 10 à 12° centigrades; le liquide ne tarde pas à devenir opalin et à offrir des milliers de globules en suspension. Il en est de même d'une substance oléagineuse dissoute par un menstrue; dès qu'on étend d'eau ce menstrue ou qu'on le sature, la substance grasse se précipite sous forme de globules infiniment petits, qui, en restant en suspension dans le liquide, en troublent tout à coup la transparence et le rendent opalin; c'est ce qu'on a lieu de remarquer habituellement lorsqu'on étend d'eau la solution alcoolique d'absinthe.

846. Pour obtenir maintenant la théorie des phénomènes du lait, il n'est besoin que de rapprocher les résultats que fournit l'expérience microscopique avec ceux de l'expérience en grand, et nous trouverons que :

renferme du sucre et de l'albumine et même de l'huile, à cause de la trop grande proportion d'eau qui rentre dans la composition de ce mélange (693).

847. Le lait est un liquide aqueux tenant, en solution, de l'albumine et de l'huile [1], à la faveur d'un sel alcalin ou d'un alcali pur, et, en suspension, un nombre immense de globules albumineux d'un côté et de globules oléagineux de l'autre.

848. Les globules albumineux, par leur pesanteur spécifique, doivent tendre à se précipiter lentement au fond du vase; les globules oléagineux au contraire doivent tendre à monter à la surface. Mais, répandus par myriades au milieu des globules albumineux aussi nombreux qu'eux, les globules oléagineux ne peuvent pas prendre cette direction, sans enlever avec eux des globules albumineux en plus ou moins grand nombre. Voilà pourquoi, au bout de vingt-quatre heures, on remarque à la surface du lait une croûte composée de deux couches, dont la supérieure renferme plus de beurre que de crème, et l'inférieure plus de crème que de beurre; ou, pour parler un langage plus précis, dont la supérieure contient un plus grand nombre de globules oléagineux que de globules albumineux. Ce départ doit avoir lieu également au contact de l'air comme dans un vase fermé.

849. La partie liquide, que surmonte cette couche, renferme les substances albumineuse et oléagineuse solubles, du sucre, les sels solubles, et une certaine quantité de globules et oléagineux et albumineux.

850. Si l'on verse sur ce mélange d'huile, d'albumine, soit en solution, soit en suspension, un acide quelconque étendu d'eau, il est évident que l'alcali étant saturé, l'huile et l'albumine se précipiteront, en forme de coagulum, qui enveloppera tous les globules suspendus dans le liquide, lequel reprendra sa transparence et son acidité. Le coagulum montera à la surface; mais ce caillot différera de la crème, en ce que celle-ci n'est qu'un agrégat de globules adhérens par contact, tandis que celui-là est une véritable coa-

(1) Voyez le genre *huile*.

gulation membraneuse. Si les acides sont concentrés, leur action sera différente selon leur nature. Ceux qui dissolvent l'albumine dissoudront l'alcali, l'albumine et l'huile en même temps. Ceux qui coagulent l'albumine, comme le fait l'acide sulfurique (452), dissoudront l'huile et l'alcali, mais coaguleront l'albumine.

851. Les mêmes circonstances auront nécessairement lieu, s'il se forme spontanément dans le lait un acide susceptible de saturer l'alcali; car le lait renfermant 92 pour 100 d'eau, l'acide organique ne pourra pas être assez concentré pour dissoudre l'albumine et l'huile, qui viendront dès lors se coaguler à la surface, à cause de la légèreté spécifique de l'huile. Or, le lait renfermant simultanément de l'albumine insoluble (842) et du sucre en moins grande quantité (697), ces deux substances réagissant l'une sur l'autre produiront de l'acide acétique, et le lait se caillera. Cette transformation aura lieu plus ou moins rapidement, selon l'élévation de la température de l'atmosphère. Quand toute la substance saccharine aura été transformée en acide, alors la décomposition de l'albumine précipitée au fond du liquide (696) donnera naissance à des produits ammoniacaux; et à la fermentation acide succédera la fermentation putride (268).

852. Quant aux sels, il est à remarquer que les chimistes n'ont pas plus signalé la présence des sels ammoniacaux dans le lait que dans l'albumine; et pourtant on y rencontre au moins l'hydrochlorate d'ammoniaque, en procédant comme nous l'avons fait envers l'albumine (440). Par la combustion ces sels donnent des signes de leur présence. La chaux que Berzélius signale dans les produits de l'incinération me paraît y être ou à l'état d'acétate ou à l'état de carbonate. Car lorsqu'on traite, au microscope, le lait par l'acide sulfurique concentré, il se forme tout à coup des aiguilles fasciculées de sulfate de chaux, et il se dégage des bulles de gaz (164).

853. On m'objectera peut-être que le lait, bien loin d'être alcalin, donne au contraire, au moins celui de vache, des signes d'acidité. Je répondrai qu'en supposant que le sel alcalin qui sert de menstrue à l'albumine soit en partie de l'acétate d'ammoniaque, cette contradiction ne sera plus qu'apparente, puisque ce sel reprend plus ou moins rapidement son acidité au contact de l'air. Au reste, sous les rapports du nombre et de la nature des sels contenus dans ce liquide organisateur, l'analyse du lait est tout-à-fait à reprendre.

§ 2 Applications.

854. Falsifications commerciales. — Les nourrisseurs des environs de Paris enlèvent la crème (832) à leur lait, et la remplacent par de la cassonade (721), de l'émulsion d'amandes douces ou de chenevis. On reconnaît la première falsification au résidu de mélasse, ou en faisant dessécher le lait et le traitant par l'alcool, qui s'empare du sucre de canne et respecte le sucre de lait (754); on reconnaît la seconde à la couenne couverte de taches roussâtres que forme le mélange par l'ébullition. D'autres falsifient par l'amidon (64). D'autres enfin, pour empêcher le lait de tourner, y mêlent une certaine quantité de carbonate de potasse (837).

855. Laiteries. — La propreté des laiteries et la constance de leur température sont le point le plus essentiel pour ceux qui s'occupent de laitage. On a grand soin de déposer ses sabots à la porte, afin de n'y rien introduire qui soit déjà en fermentation, tel que le fumier. Car la fermentation dégageant des acides carbonique et acétique (696), le lait ne manquerait pas de tourner (850). On a remarqué encore que l'orage fait monter la crème en douze heures, et qu'ensuite le lait s'aigrit. Le premier effet est dû à la compression exercée sur le liquide par une atmosphère plus lourde, le second est peut-être le résultat de la forma-

tion de l'acide nitrique par l'influence de l'électricité (261).

856. Beurre. — Nous avons dit que la crème qui se tasse à la surface du lait se compose de globules oléagineux en plus grande quantité et de globules albumineux en moins grand nombre. Pour séparer ces deux substances, on se sert d'un instrument susceptible de recevoir un mouvement rapide et de déchirer en même temps la masse crèmeuse que l'on y dépose avec une certaine quantité d'eau. L'acide (697) ne tarde pas à se former dans ce mélange d'huile, de sucre, d'albumine, de sels, etc., et cet acide donne à l'eau la propriété de dissoudre les globules albumineux, et aux globules huileux la facilité de se rapprocher et de former une masse homogène. Après plusieurs lavages de ce genre, on est sûr d'avoir la masse huileuse aussi pure que le réclament les besoins de l'économie domestique. Cette masse prend alors le nom de *beurre* ; c'est un mélange d'huile, d'une certaine quantité d'albumine, d'un peu de sucre, des sels du lait et de l'acide acétique qui s'est formé pendant l'opération. C'est ce mélange qui, par sa décomposition, finit par le *rancir*. La matière colorante du lait de vache ne se retrouvant pas dans le lait de chèvre, le beurre de celle-ci est blanc comme la neige (840). En faisant fondre le beurre dans l'eau bouillante, on le sépare d'une assez grande portion d'albumine; mais il faudrait recommencer bien souvent cette opération, pour pouvoir se flatter d'avoir obtenu le beurre à un état de pureté chimique. Nous nous en occuperons plus spécialement à l'article des huiles.

857. Fromage. — Le fromage est le mélange de toute l'albumine et de toute l'huile du lait, que l'on réunit par la coagulation de l'albumine soluble, que l'on tasse par la pression, et dont on prévient la fermentation putride, en favorisant cependant la fermentation acide, par l'addition d'une suffisante quantité de sel marin. La couleur varie, ainsi que celle du beurre, selon l'espèce d'animaux qui ont fourni le lait.

858. INFLUENCE DES PATURAGES (839). — On a remarqué que la *prêle fluvialile* donne au lait de vache une couleur plombée et bleuâtre, et le prive de sa portion crèmeuse. Il est probable que ce lait est acide, que l'albumine s'y trouve par conséquent en moins grande quantité (837), vu que les glandes mammaires n'auront pas assez reçu de menstrue alcalin pour en enlever au sang qu'elles élaborent. En conséquence, le lait se trouvera alors plus ou moins réduit à l'état de petit-lait dont il a la couleur. On assure en Amérique que certaines plantes communiquent au lait des qualités vénéneuses.

§ 3. Qu'est-ce que la matière caséeuse pure des chimistes ?

859. C'est la crème (832) lavée à grande eau, égouttée sur un filtre et desséchée; c'est-à-dire, c'est un mélange assez compliqué, dont Gay-Lussac et Thénard d'un côté et Bérard de l'autre nous ont donné l'analyse élémentaire. Aussi remarque-t-on, dans leurs nombres, que le carbone et l'hydrogène s'y trouvent en plus grande proportion que dans les mélanges où l'huile existe en moins grande abondance (271, 442, 475) :

	Carbone.	Oxig.	Hydrog.	Azote.
Gay-Lussac et Thénard	59,78	11,41	7,43	21,38
Bérard	60,07	11,41	6,99	21,51

Quant à l'azote, les sels ammoniacaux du lait expliquent assez sa présence (440).

§ 4. Qu'est-ce que l'oxide caséeux de Proust?

860. Il suffit de confronter le procédé employé par l'auteur pour obtenir cette substance, avec ce que nous avons dit de l'albumine insoluble (435) et du gluten (239), afin de réduire cette substance au rôle d'un double emploi. L'auteur prenait la matière en laquelle s'était transformé le caillé ou le gluten, après une longue fermentation, ou bien du

fromage complètement achevé; il les lavait à l'eau chaude, réduisait en consistance de sirop le liquide filtré. Il enlevait les sels ammoniacaux par l'alcool ordinaire; par l'alcool à 20° il enlevait le sel marin et le restant des sels ammoniacaux; il séparait la gomme par l'eau froide; et l'*oxide caséeux* restait sensiblement pur [1]. Il est léger, spongieux, blanc, sans odeur, sans saveur, sans action sur les couleurs bleues, presque *insoluble* dans l'alcool bouillant et tout-à-fait insoluble dans l'éther. Je ne m'arrêterai pas aux autres caractères : car ceux-ci suffisent pour établir que l'oxide caséeux est tout simplement de l'albumine insoluble retenant encore de l'huile et des sels ammoniacaux, que l'on retrouve à la distillation.

§ 5. Qu'est-ce que l'acide caséique du même auteur ?

861. Dans mon mémoire *sur les tissus organiques* [2], § 23, 40, 44, j'avais déjà tiré la conséquence que, pendant la fermentation du gluten, il se formait des combinaisons ammoniacales acides, qui pouvaient simuler un acide azoté, avec l'odeur et tous les autres caractères de ce qu'on appelait alors de l'*acide caséique* (268). Celui-ci, d'après toutes ces expériences, n'aurait été que de l'acétate acide d'ammoniaque mélangé à de l'huile, de l'albumine, des sels déliquescens, tels que le sel marin, de l'hydrochlorate d'ammoniaque ; Braconnot a confirmé, par d'autres expériences, ces inductions, et il a trouvé que le caséate d'ammoniaque de Proust n'était qu'un mélange de matière animale, de phosphate double de soude et d'ammoniaque, d'huile animale et d'une substance qu'à son tour il nomme *aposépédine*, et qu'à sa cristallisation *dendritique*, je n'hésite pas à considérer comme un ou plusieurs sels ammoniacaux susceptibles de se volatiliser.

(1) Je me sers des expressions des auteurs ; car, par tout ce que nous avons dit dans ce qui précède, on concevra que cette pureté n'est qu'apparente.

(2) Tom. III des *Mém. de la Soc. d'hist. nat.* de Paris.

§ 6. Qu'est-ce que l'acide LACTIQUE de Schéele et l'acide LACTIQUE de Berzélius, l'acide NANCÉIQUE de Braconnot et ZUMIQUE de Thomson[1]?

862. Schéele séparait par le filtre la matière caséeuse du lait aigri (865), saturait avec de l'eau de chaux pour précipiter le phosphate de chaux, filtrait de nouveau la liqueur, et l'étendait avec trois fois son volume d'eau; il précipitait la chaux par l'acide oxalique, évaporait jusqu'à consistance de miel, s'emparait par l'alcool du sucre de lait et des matières étrangères, et obtenait ainsi un acide sirupeux incristallisable, soluble également dans l'eau et dans l'alcool, et formant avec les bases des sels déliquescens.

863. Bouillon Lagrange avait déjà présumé que cet acide n'était que de l'acide acétique *sali* par une matière animale; mais cette opinion, d'abord adoptée par quelques chimistes, fut définitivement abandonnée, surtout depuis que Berzélius eut annoncé avoir obtenu cet acide, par de nouveaux procédés, à un plus grand état de pureté.

864. Des considérations tirées de certaines expériences consignées dans cet ouvrage m'avaient amené à penser que cet acide pourrait bien n'être qu'une association de l'acide acétique avec une portion de l'albumine que l'acide rendait ainsi soluble dans l'alcool (468), et qui lui-même devenait moins volatil à cause de la fixité des élémens de l'albumine; car si l'acide, par son affinité pour l'albumine, communique à celle-ci sa solubilité, pourquoi par la même loi l'albumine ne communiquerait-elle pas sa fixité à l'acide?

865. Je fis donc digérer de l'albumine de l'œuf de poule dans l'acide acétique rectifié. Je filtrai pour séparer les grumeaux coagulés de la partie liquide, et je soumis celle-ci à l'ébullition; une nouvelle coagulation eut lieu, je filtrai de nouveau et je recommençai à faire bouillir, jusqu'à ce

(1) *Annal. des Sciences d'obs.*, tom. II, pag. 422. 1829.

que l'ébullition la plus prolongée ne déterminât plus dans le liquide le moindre coagulum appréciable. Après six heures d'ébullition, ce liquide conservait encore toute son acidité. Je concentrai et j'en laissai même évaporer spontanément une certaine quantité sur une lame de verre, et j'obtins une substance acide, grumeleuse, légèrement déliquescente, non fendillée, qui se redissolvait également dans l'eau et dans l'alcool, et qui par évaporation me rendait exactement les mêmes caractères. Comparé à l'acide de Schéele, il n'offrait pas la moindre différence. Ses sels étaient à la vue simple tout aussi déliquescens.

866. Mais observées au microscope, certaines combinaisons de l'un et de l'autre acide avec les bases rappelaient évidemment, par leurs cristallisations quoique incomplètes, les cristallisations des acétates. Ainsi le lactate naturel et artificiel de chaux cristallisait avec la forme de la fig. 15, pl. 6; quelquefois avec celle de la fig. 17. La strontiane, la baryte et l'ammoniaque combinées avec le double acide cristallisaient de même. On apercevait seulement, au milieu des arborisations ordinaires du sel ammoniacal (440), quelques figures 16, en ailes de papillon. Le lactate de potasse restait déliquescent et incristallisable; le lactate de fer était rougeâtre et déliquescent. L'action des bases caustiques sur l'acide obtenu par l'un et l'autre procédé confirme encore mieux leur commune origine. Car dès qu'on met en contact une base caustique autre que l'ammoniaque avec l'acide, il se forme un précipité floconneux qui, au microscope et à l'analyse en grand, présente tous les caractères de l'albumine; en sorte qu'en précipitant par la soude ou la potasse, on finirait ainsi par obtenir d'un côté l'albumine coagulée et de l'autre de l'acétate de soude ou de potasse.

867. Ayant jeté de la baryte pure dans mon acide obtenu par le procédé de Schéele, je m'aperçus que le précipité avait lieu par petits globes blancs comme la neige, visibles

même à l'œil nu. Par réfraction et au microscope ces petites boulettes avaient l'aspect jaunâtre et granulé des coagulations d'albumine (482). Elles affectaient diverses formes et diverses dimensions (pl. 6, fig. 19); par réflection, et placées sur un fond noir, elles étaient aussi blanches que les grands globes du suc des *Chara* (799) (pl. 6, fig. 18). Quelques-unes d'entre elles offraient, dans leur sein, un noyau analogue à celui qu'on a décrit sur les globules du sang. Les bases caustiques produisent toutes des effets analogues. Mais avec mon acide artificiel je n'obtenais rien de semblable; je pensai que cela provenait de la présence du phosphate de chaux dans l'acide de Schéele (car je ne m'étais pas occupé de l'en séparer), et de son absence dans mon acide artificiel. Je laissai digérer une certaine quantité de phosphate de chaux dans l'acide artificiel, et aussitôt j'obtins avec les bases les mêmes globes albumineux.

868. L'acide lactique de Schéele n'est donc qu'un mélange plus intime de l'acide acétique avec la portion la moins phosphatée de l'albumine.

869. Or, comme le suc aigri de certaines substances végétales renferme de l'acide acétique et de l'albumine (gluten) (288), il s'ensuit que l'acide que Braconnot nomma *nancéique* (de sa ville natale Nancy) et dont Thomson changea le nom assez bizarre en celui de *zumique*, ne diffère aucunement de l'acide lactique que nous venons de réduire à sa juste valeur.

870. Quant à l'acide lactique obtenu par les procédés de Berzélius, je n'hésite pas à le considérer[1] comme un produit encore plus compliqué, non pas de la nature, mais du laboratoire. Si nous avons bien présens à l'esprit les principes développés dans le courant de cet ouvrage, nous accorderons facilement qu'une substance animale, traitée successivement par l'alcool, et par les 0,013 environ de son poids

(1) *Annal. des Sc. d'obs.* tome III, pag. 344. 1830.

d'acide sulfurique concentré (303), par le carbonate de plomb, par l'hydrogène sulfuré, par la chaux vive, par l'acide oxalique, par le nitrate d'argent, nous accorderons, dis-je, que cette substance n'est qu'un mélange plus ou moins altéré et de sels et de matière animale. Aussi l'acide de Berzélius s'offre-t-il avec une couleur brunâtre, et répandant par la combustion une odeur analogue à celle de l'*acide oxalique sublimé*.

871. Nos expériences engagèrent l'auteur à revenir en 1830 sur les siennes, et il fit annoncer à l'Institut qu'il venait d'acquérir la plus grande certitude que l'acide lactique était un acide *sui generis*. Mais la seule expérience sur laquelle l'auteur basait sa nouvelle conviction, c'est qu'ayant saturé son acide lactique avec de l'ammoniaque, il n'avait pas obtenu d'acétate d'ammoniaque à la distillation.

872. Or cette expérience prouverait trop pour qu'elle prouvât quelque chose. Comment la concilier en effet avec celles de Schéele, de Bouillon-Lagrange, de Thénard et de Berzélius lui-même, qui ont reconnu qu'à la distillation l'acide lactique laisse toujours dégager de l'acide acétique? S'il se dégage de l'acide acétique, pourquoi ne se dégagerait-il pas un acétate, quand vous avez traité la substance par de l'ammoniaque? D'un autre côté, l'ammoniaque et l'acide acétique se saturent très-difficilement, lorsqu'ils sont étendus d'eau; or, ici, le mélange est étendu d'eau et d'albumine que l'ammoniaque, avons-nous dit, ne précipite pas. L'acétate d'ammoniaque ne se sublime et ne devient ainsi reconnaissable qu'avec un excès d'acide; à l'état neutre il reste dissous dans l'eau de la distillation et passe inaperçu. On sait enfin que lorsqu'on distille une solution aqueuse d'acétate d'ammoniaque, il passe d'abord de l'ammoniaque, puis de l'acide acétique, et que ce n'est qu'à la fin que le sel lui-même passe avec un excès d'acide. Que sera-ce si l'acide acétique est combiné avec l'albumine?

873. Toutes ces raisons expliquent comment Berzélius aura

pu être induit en erreur sur les résultats de son expérience.

874. En dernière conséquence les lactates signalés dans le lait (838) ne sont donc que des acétates albumineux.

DEUXIEME GENRE :

PRODUITS IMMÉDIATS DE LA DIGESTION.

875. La digestion a été l'objet des plus nombreuses recherches et a fourni fort peu de résultats positifs. Dans les travaux des expérimentateurs on rencontre une foule de cas particuliers, mais presque jamais une circonstance qu'on puisse traduire en formule générale. Les ressources matérielles dont pouvaient disposer les savans qui se sont adonnés à ce genre de recherches, ne leur ont pas toujours permis de procéder à leurs expériences d'une manière comparative ; et ce qui paraît avoir principalement contribué à fausser la direction de leurs travaux, c'est qu'ils les ont entrepris placés plus ou moins sous l'influence d'idées préconçues. C'est un travail à reprendre d'après la nouvelle méthode ; nous allons nous contenter de jeter ici quelques jalons.

876. Le canal alimentaire jouit éminemment, dans toute sa longueur, de la propriété d'*aspirer* et d'*expirer* les liquides, faculté que nous avons étudiée déjà sur certains tissus (584). Cette faculté appliquée au bôl des alimens produit deux résultats, l'un mécanique et de contractilité, par lequel la masse est attirée du pharynx vers l'estomac (*déglutition*) et repoussée ensuite de l'estomac vers l'ouverture opposée du canal (*mouvement péristaltique des intestins*) ; l'autre tout chimique qui consiste à élaborer la masse alimentaire en substances organisatrices.

877. L'association, soit naturelle, soit artificielle, d'une certaine quantité de substances glutineuses (239) ou albumineuses (429), et d'une certaine quantité de substances saccharines (674), ou de substances susceptibles de se trans-

former en sucre par la fermentation (669), c'est ce qui constitue l'aliment.

878. Par la mastication, l'animal confond plus intimement toutes ces substances entre elles et les imprégne de salive, substance qui, par son albumine, son chlorure de soude (sel marin) et ses sels ammoniacaux, ajoute encore à la propriété fermentescible de la masse alimentaire [1].

879. Arrivée dans l'estomac, cette masse entre presque aussitôt en fermentation; mais c'est une fermentation acide (697), dont les produits (*chyme*) sont transmis, par le pylore, dans le duodénum. Là ce produit acide devient alcalin, par l'intermédiaire de la bile qui lui arrive du foie et du suc pancréatique qui lui arrive de la glande pancréas. Le produit de cette digestion duodénale, c'est le chyle, qui est aspiré par l'intestin grêle, et porté, par les *vaisseaux lactés* ou *chilifères*, dans le canal thoracique, d'où il passe dans les vaisseaux sanguins.

880. Le *chyle* diffère à peine du lait (831) dont il a tous les caractères physiques; il est alcalin; au contact de l'air, ou plutôt au sortir du canal thoracique (832), il se sépare en deux portions dont l'une insoluble se rend à la surface, surmontée quelquefois d'une couche oléagineuse, et dont l'autre reste liquide; c'est l'équivalent de la *crème* et du *serum* (848). Les réactifs agissent sur le *chyle* de la même manière que sur le lait: on y trouve les mêmes sels. Tout ce qui a échappé à l'action transformatrice de cette double digestion arrive au *rectum*, enveloppé par les débris de la muqueuse des intestins (577), et est rejeté au dehors, comme *matière fécale*. Ce *caput mortuum* est aussi variable, dans ses propriétes, que le sont les alimens élaborés et que peut l'être la constitution individuelle de l'animal.

(1) J'ai lu quelque part que les sauvages du nord de l'Amérique préparent une boisson alcoolique (696) avec la sève d'un arbre (819) et les crachats des plus vieilles femmes de l'endroit. Le procédé est dégoûtant, j'en conviens, mais il est chimique et de plus éminemment économique.

881. C'est là ce que nous savons de plus positif au sujet de la digestion; et, comme on le voit, tout cela se réduit à fort peu de chose. Cependant ces deux ou trois faits positifs peuvent donner lieu aux conjectures et aux applications suivantes.

§ 1. Conjectures et applications.

882. L'identité de composition chimique entre le *lait* et le *chyle* porterait à penser, au premier abord, que les glandes mammaires n'ont pas d'autre fonction que de puiser, par des voies de communication encore inconnues, le *chyle* du *canal thoracique*, afin de transmettre la substance organisatrice tout élaborée à l'estomac encore impuissant du nourrisson. Mais alors il faudrait admettre que ce chyle passerait par l'estomac de l'enfant sans y subir aucune autre élaboration ; ce qui est faux ; car le lait y subit une fermentation acide, comme les alimens de l'adulte. D'un autre côté le lait de la femme et celui des femelles des autres mammifères renferme presque toujours des élémens intacts des sucs végétaux qui leur ont servi de nourriture ; or ces élémens ne se retrouvent pas, je pense, dans le chyle. En conséquence, je serais plutôt porté à admettre que les glandes mammaires sont en rapport immédiat, par des voies de communication encore inconnues, avec la surface muqueuse de l'estomac, et qu'elles soutirent à la masse alimentaire les sels et substances organisatrices qui entrent dans la composition du lait. J'en dirai autant du foie, du pancréas et de la rate [1].

883. Car l'estomac ne me paraît pas destiné à transformer les alimens en une substance nouvelle, puisque tous les élémens qui se trouvent dans le chyle (sels, huile, albumine) se trouvaient déjà dans la masse alimentaire,

(1) Voyez, pour ce qui regarde la bile et le suc pancréatique, l'article des substances organisantes.

qu'ils y étaient seulement confondus avec le *caput mortuum*. Mais l'estomac me paraît principalement chargé de soutirer à cette masse les sucs qui conviennent aux fonctions des diverses glandes qu'il alimente, de même que l'intestin grêle lui soutirera les sucs que réclame la circulation; l'acidité de la chimification et l'alcalinité de la chylification seraient alors non des indices d'une métamorphose chimique, mais des véhicules favorables à l'une et à l'autre nutrition. Quant à la fermentation qui produit l'acide, il ne serait pas si absurde de penser qu'elle concourût à la nutrition, par le dégagement de gaz qui doit en être une des principales conséquences (696). Je le répète, ce sont ici des conjectures, mais des conjectures qui remettent en question tout ce qu'on a dit sur la digestion. Le sujet est à reprendre; et pour pouvoir espérer des résultats plus heureux, il faut commencer par désapprendre les livres, et ne plus écouter que l'observation.

884. On a désigné des *substances nutritives*, avant de savoir comment se faisait la nutrition. On a établi, entre les diverses substances alimentaires, des rapports qu'on a exprimés par des chiffres et même par des fractions. Mais il suffirait de jeter les yeux sur les tableaux comparatifs qu'ont publiés quelques auteurs, pour s'assurer que ce genre de travail ne s'appuie sur aucune base positive, et que les résultats que l'on obtient varient selon le genre de procédés qu'on adopte, selon l'espèce d'animal que l'on soumet à l'expérimentation, et peut-être selon la température de l'atmosphère et l'époque de l'année. Ainsi, d'après le tableau de Daum [1], la faculté nutritive de la pomme de terre serait à celle du froment, dans le rapport de 15 à 48 selon Meyer, de 15 à 120 selon Block et de 15 à 74 selon Pétri, tandis que, d'après le travail récent de la Faculté de médecine, ce rapport serait de 15 à 45; et la même divergence se montre

(1) Voyez *Bull. des Sc. agricoles*, tom. XIII, n° 100.

dans les résultats obtenus à l'égard de toutes les autres substances qui servent à alimenter l'homme ou les animaux domestiques.

885. Au reste, dans l'état actuel de la science analytique, cette divergence est inévitable, ce dont on restera convaincu, en raisonnant le double procédé que l'on peut employer dans l'expérimentation. Car ou bien, ayant établi *à priori* que telle substance est nutritive (la fécule, la gomme, les substances solubles enfin), on cherchera à évaluer les quantités qu'en renferme chaque plante alimentaire; ou bien on comparera les quantités de chacune d'elles que le même animal peut digérer chaque jour. Or, nous avons déjà fait remarquer, dans l'analyse des farines, combien les résultats de la première méthode doivent être variables et incertains. Quant à la deuxième méthode, il ne faut pas perdre de vue que l'alimentation peut être le résultat d'une *fermentation acide;* or, dans cette hypothèse, il est facile de concevoir que la même substance sera nutritive ou non, selon qu'elle sera associée ou non à une autre substance complémentaire de la fermentation, si je puis m'exprimer ainsi (696); qu'une substance riche en sucre et pauvre en gluten cessera d'être nutritive, si elle n'est pas associée à une substance éminemment glutineuse. D'un autre côté on ne se refusera pas à admettre que la constitution individuelle d'un animal ne soit plus propre que celle de tel autre à fournir à une substance fermentescible la substance *complémentaire,* soit par l'abondance de la salivation, soit par les sucs gastriques, soit enfin par le séjour plus prolongé, dans l'organe stomacal, de quelques produits de la digestion de la veille. Ne voyons-nous pas tous les jours certains individus se nourrir de certaines substances que d'autres ne peuvent digérer?

886. Ces considérations nous amènent à évaluer les expériences que Model et Parmentier, d'un côté, et Magendie et Chevreul, de l'autre, ont faites sur les propriétés nutritives

des substances qui ne renferment pas d'azote. Magendie a observé que des chiens nourris exclusivement avec du sucre, de la gomme, de l'huile d'olive et de l'eau distillée, commençaient à maigrir au boût de huit à dix jours, et mouraient dans l'espace de trente à trente-six jours. Chevreul trouva alors que les urines étaient alcalines et ne contenaient ni acide urique ni phosphate, et que leur bile était très chargée de picromel : d'où Magendie concluait que le gluten était nutritif, tandis que Parmentier concluait que le gluten était indigeste. Mais qui ne voit d'abord que des animaux jusques là habitués à vivre de viande et qu'on prive brusquement de cet aliment, doivent autant souffrir de ce nouveau régime que souffrirait un cheval à qui l'on servirait de la viande au lieu de foin? Car, la digestion étant une opération complexe, pourquoi chercher à l'étudier en isolant ses élémens? Le sucre fermente-t-il à lui seul? Pourquoi voulez-vous donc qu'il fermente sans albumine dans la cornue de l'estomac? Si ce procédé d'expérimentation autorise à rayer le sucre, la gomme et l'huile de la liste des substances nutritives, il faudra en rayer aussi le gluten pur et même l'albumine pure; car si vous les administrez seuls à un animal, il dépérira tout aussi bien qu'en se nourrissant exclusivement de sucre. C'est là une de ces questions, où les deux partis opposés ont également tort, et où la vérité se trouve dans la fusion des opinions contraires : ISOLÉMENT NI LE SUCRE NI LE GLUTEN NE SONT NUTRITIFS; RÉUNIS ILS DEVIENNENT ALIMENTAIRES.

TROISIÈME GENRE :

SANG.

887. Le sang est un liquide alcalin, coloré en rouge chez les animaux vertébrés, et en général blanc chez les invertébrés, qui circule dans toute l'économie du corps et porte partout la vie, à la faveur de canaux vasculaires innombrables abouchés entre eux en un vaste réseau. Sa

température est la même que celle de l'animal, c'est-à-dire qu'elle varie, d'après les expériences les plus récentes, de 36 à 37° centigrades chez l'homme, qu'elle est de 11° chez les poissons, de 39 chez les chiens et les chats, qu'elle s'élève jusqu'à 40°,5 chez le cochon, et de 39° à 41° chez les oiseaux. Sa densité est de 1,0527 d'après Haller, de 1,0560 d'après Fourcroy à la température de 15 à 16°, et, d'après John Davy, de 1,049 pour le sang artériel et de 1,051 pour le sang veineux.

888. Il se coagule à la température de l'eau bouillante; mais il se coagule aussi spontanément à l'air libre ou en vases fermés, quoique alors il y ait, au lieu d'un dégagement de calorique, un refroidissement notable. On diminue l'intensité de cette coagulation, en agitant, en fouettant le sang à mesure qu'il sort des vaisseaux. Il se divise alors, comme le lait et le chyle (832, 880), en deux portions, dont l'une liquide, transparente et jaunâtre, s'appelle le *serum,* et l'autre molle, opaque, rougeâtre et plus dense, se nomme *cruor* ou *caillot.* Le sang qui circule dans les artères (*sang artériel*) est d'un rouge vermeil, celui qui revient au cœur par les veines (*sang veineux*) est d'un rouge brunâtre que la transparence des parois rend bleuâtre. Cette couleur se modifie sous l'influence de divers gaz; rouge cerise dans le gaz ammoniaque; rouge violet dans les gaz oxide de carbone, deutoxide d'azote, hydrogène carboné; rouge brun dans les gaz azote, carbonique, hydrogène, protoxide d'azote; violet foncé passant au brun verdâtre dans l'hydrogène arséniqué ou sulfuré; brun marron dans le gaz hydrochlorique; brun noir dans le gaz sulfureux; brun noirâtre passant au blanc jaunâtre dans le chlore.

889. Berzélius et Marcet ont, chacun de leur côté, analysé le *serum* du sang, et ont obtenu les résultats suivans :

		sang de bœuf.	sang de l'homme.			sang de l'homme.
Berzélius.	Eau	905,000	905,0	Marcet.		906,00
	Albumine	79,990	80,0			86,80
	Lactate et phosph. de soude impure	6,175	4,0		Matière extractive	4,00
	Hydrochlorate de soude et de potasse	2,565	6,0			6,60
	Soude impure	1,520	4,0			1,65
	Perte	4,750	1,0		Sulfate de potasse	0,35
					Phosph. terreux	0,60
		1000,000	1000,0			1000,00

890. D'après Proust, le sang renfermerait en outre de l'ammoniaque, un hydrosulfure, des traces de vinaigre un peu modifié (861), du benzoate de soude et de la bile. Brand et Vogel ont prouvé que, dans le vide, le sang laisse dégager un volume égal de gaz acide carbonique. Vauquelin y a signalé une matière grasse jaune, que Chevreul considère comme étant de même nature que celle du cerveau (528). Barruel n'a pas trouvé la moindre trace d'urée dans dix livres de sang de bœuf, tandis que Prévost et Dumas prétendent avoir reconnu la présence de l'urée dans le sang d'un chien dont ils avaient enlevé les reins.

891. Le caillot se composerait, d'après Berzélius, de 36 de fibrine et de 64 de matière colorante rouge, chez le bœuf; et chez l'homme la fibrine figurerait à peine dans la proportion de 0,075.

§ 1. Mécanisme de la circulation sanguine.

892. Depuis la découverte de la circulation, on n'a cessé d'en rechercher le mécanisme; mais après bien des évaluations et des calculs on a fini par reconnaître que l'application des méthodes rigoureuses du calcul, en ces sortes de

matières, ne menait qu'à des résultats trop largement opposés les uns aux autres, pour qu'on fût en droit de les regarder comme l'expression de la loi qu'on cherchait à étudier.

893. Le cœur, par sa contractilité musculaire, est-il l'unique agent de l'impulsion à laquelle obéit le sang? Les artères secondent-elles à leur tour cette impulsion, et par quel mécanisme? Le système capillaire, ce lien commun des artères et des veines, cette voie de communication entre la route qui amène et la route qui ramène, ce système, dis-je, est-il passif ou exerce-t-il une action quelconque sur le liquide qui circule dans ses anastomoses microscopiques? Telles sont les diverses questions que l'on a vu résoudre successivement par l'affirmative et par la négative, et, dans l'un et dans l'autre cas, à l'aide d'expériences.

894. Bichat n'admettait que l'action du cœur, et niait l'effet que l'on attribuait au frottement et aux chocs des sinuosités sur la vitesse du sang; il apportait en preuve l'hypothèse d'une seringue dont la canule serait terminée par une multitude de rameaux; le même coup de piston devrait faire jaillir l'eau, au même instant, des rameaux inférieurs comme des rameaux supérieurs. Les adversaires de Bichat ne pouvaient révoquer en doute ces principes d'hydrostatique; cependant l'observation des faits décelait, dans le cours du sang, une exception à cette règle, et l'on trouvait que le sang n'était pas doué, sur tous les points du trajet, de sa vitesse initiale. Mais ni Bichat ni ses adversaires n'avaient aperçu que ce principe, fort juste quand il s'agit d'un système de canaux à parois rigides, cesse de l'être quand il s'agit de vaisseaux flexibles et élastiques; car si, au bout de la seringue, on plaçait des rameaux faits avec des tuyaux membraneux et élastiques, on trouverait alors qu'on ne doit plus négliger l'influence des résistances et des chocs.

895. Les parois des vaisseaux opposent donc des résis-

tances au cours du sang, et leurs anses produisent des chocs.

896. D'où vient cependant que le mercure se soutient, à la même hauteur, dans un tube mis en communication avec une artère, à une distance plus ou moins grande du cœur?

897. La cause de ce phénomène est la même que celle de la circulation, et elle réside dans une double circonstance dont les physiologistes n'ont jamais tenu aucun compte, quoiqu'ils en aient toujours reconnu l'existence; je veux parler de l'aspiration et de l'inspiration des parois des vaisseaux. Car le sang est destiné à porter la vie sur tous les points du système, à nourrir et à réparer les organes. Mais pour que sa destination ne soit pas annulée, il faut nécessairement qu'une partie du torrent soit absorbée par les surfaces qu'il arrose; il faut que ces surfaces soutirent au liquide les sucs nutritifs; il faut encore qu'elles lui rendent le rebut de leur élaboration; en d'autres termes il faut qu'elles *aspirent* et qu'elles *expirent*. Or, cette double fonction ne peut avoir lieu sans que le liquide soit mis en mouvement; et ce mouvement doit être d'autant plus constant et uniforme que cette double fonction est inhérente à chaque molécule de la surface des vaisseaux (584). La circulation, chez les animaux, n'a donc pas d'autre mécanisme que chez les végétaux (807); et ce mécanisme une fois admis, toutes les anomalies de l'expérience s'expliquent sans effort.

898. Le mercure se maintient à la même hauteur, loin du cœur ou près du cœur, parce que ce n'est pas l'action du cœur qui l'y maintient, mais l'action des parois des vaisseaux.

899. Toute surface qui aspire, si elle est flexible, doit être à son tour, pour ainsi dire, attirée par la substance aspirée, ce qui est évident; il est donc évident aussi qu'à la faveur de cette seule aspiration on explique les mouvemens de systole et de diastole du cœur et des artères. Le cœur en effet, libre sur la majeure partie de sa surface, est aussi l'organe qui trouve le moins de résistance dans ce mécanisme,

et dont les mouvemens sont les plus marqués. Quand ses parois internes aspireront, ou, si l'on veut, s'assimileront le liquide, il se contractera ; quand au contraire ses parois internes expireront, repoussé alors par le liquide qu'il repousse, le cœur se dilatera. Mais comme le jeu de cet organe est énergique en raison de sa masse, ses mouvemens ajouteront encore à la vitesse de la circulation dans le système des artères, qui, dès lors, outre leur action propre d'aspiration et d'expiration, offriront encore des mouvemens isochrones avec les battemens du cœur. Ajoutez à cette cause accessoire de battemens artériels, les mouvemens imprimés par l'aspiration aérienne des poumons; et les circonstances de la circulation du sang ne présenteront plus de problèmes insurmontables.

900. Je m'empresse d'en citer un exemple, lequel aurait bien embarrassé les physiologistes qui rapportaient uniquement au cœur la cause de la circulation. Que l'on coupe la queue d'un têtard de grenouille; on verra, pendant un espace de temps assez long, le sang circuler, avancer ou reculer dans ses anastomoses. Et qu'on ne pense pas que cela vient de l'écoulement du sang par les orifices amputés de ces vaisseaux ; s'il en était ainsi, cette circulation aurait lieu sur la queue d'un têtard mort avant l'opération, puisqu'alors le sang s'écoule aussi bien de l'orifice des vaisseaux amputés. Or, le phénomène dont je parle n'a lieu que lorsque cet organe appartient à un animal plein de vie. Du reste un écoulement lent n'occasionnerait jamais de tels phénomènes. On voit ici, au microscope, le sang s'avancer et revenir sur ses pas, comme par saccades, dans le réseau des anastomoses; on voit ses globules s'arrêter brusquement, puis s'ébranler et se mouvoir de nouveau, comme si l'organe tenait encore au corps de l'animal, et qu'il fût encore placé sous l'influence des mouvemens du cœur.

§ 2. Globules du sang [1].

901. Depuis que Malpighi et Leeuwenhoeck ont parlé des globules charriés par le sang, les micrographes n'ont presque fait que répéter leurs observations, en y ajoutant quelques variantes. Les globules du sang ont été jusqu'à ce jour la pierre philosophale de l'observateur physiologiste. On formerait une bibliothèque de tout ce qui a été publié sur ces corpuscules; et, disons-le hardiment, l'on ne posséderait peut-être pas alors la somme de deux vérités bien constatées. Je ne m'attacherai pas à réfuter pied à pied les systèmes, je pourrais même dire les romans que l'ancienne méthode d'observation a enfantés : les uns nous ont représenté chacun de ces globules comme un sac emprisonnant un noyau; d'autres les ont considérés comme des corps doués d'un mouvement spontané, dupes en cela de toutes les causes mécaniques de mouvemens que nous avons déjà signalées, en parlant des globules polliniques (377); d'autres enfin ont annoncé avec une apparence de précision mathématique, que ces globules sanguins formaient seuls la fibrine en s'ajoutant bout à bout. La réfutation est une perte de temps, quand on peut immédiatement la remplacer par la démonstration; je me contenterai donc d'exposer les faits que j'ai constatés à l'aide de la nouvelle méthode.

902. Les globules du sang affectent des dimensions et des formes qui paraissent homogènes dans le même animal, mais qui varient pourtant alors, quoique dans des limites assez rapprochées.

903. Les différences quelquefois énormes que l'on observe dans les évaluations que divers auteurs nous ont laissées du diamètre de ces globules, proviennent non-seulement du peu de constance des dimensions de ces petits corps, mais encore des procédés qu'ils ont suivis dans le

(1) *Répert. d'anatomie.* Second Mém. de physiologie et de chimie microscopique, tom. IV.

mesurage, et surtout de la grande difficulté qu'on éprouve à mesurer avec exactitude des corps aussi petits, à un grossissement de 100 à 200 diamètres. Aussi les nombres consignés dans le tableau d'un auteur, si toutefois ils ont été obtenus avec le même instrument et par le même procédé, doivent-ils être considérés moins comme l'expression de la dimension réelle, que comme celle des rapports qui existent entre les globules du sang des divers animaux soumis à cette observation.

904. Les dimensions des globules varient suivant les individus; les formes et les dimensions varient suivant les espèces.

905. Chez l'homme (pl. 6, fig. 21, *d*) on les trouve de $\frac{1}{100}$ à $\frac{1}{150}$ et même à $\frac{1}{200}$ de millimètre; leur forme, chez tous les individus de cette espèce, est aplatie et circulaire.

906. Ces dimensions et cette forme appartiennent aussi aux globules des autres mammifères.

907. Chez les oiseaux, les poissons, les quadrupèdes ovipares, ils sont elliptiques; ceux de la grenouille (pl. 6, fig. 21, *b*) atteignent jusqu'à $\frac{1}{40}$ de millimètre, et ceux de la salamandre $\frac{1}{30}$. Ce sont les plus gros connus.

908. Du reste ces globules varient à l'infini de diamètre dans la même goutte de sang, mais entre des limites, il est vrai, très rapprochées, même quand on les observe immédiatement au sortir de la veine.

909. Quelques instans après leur séjour dans la goutte d'eau qui sert à les séparer, en étendant le *serum*, afin de les faire mieux distinguer, ils subissent des variations qui ont donné plus d'une fois le change aux observateurs. Car lorsqu'ils circulent dans les vaisseaux [1], ou immédiatement après leur sortie, ils ne se présentent qu'avec la forme de globules hyalins et de la plus grande simplicité. On les

(1) On observe très bien cette circulation sur la membrane des pattes d'une grenouille, sur la queue du têtard ou sur celle d'une salamandre, et même sur les antennes des cloportes.

voit, au sortir de la veine, passer et repasser les uns au-dessus des autres, entraînés en sens divers par les courans variés du liquide; et à la faveur de ces mouvemens tout-à-fait automatiques, on les dirait jouissant de mouvemens spontanés.

910. Mais, ce qu'on peut très facilement observer sur les globules des batraciens (pl. 6, fig. 21, *b*), quelques instans après qu'ils sont sortis du vaisseau, et qu'ils ont eu séjourné dans l'eau pure, ils commencent à acquérir des formes et des dimensions nouvelles; ils s'étendent insensiblement[1]; et alors on aperçoit, dans leur centre, une espèce de noyau (*b'*): bientôt la couche externe, qui se confond de plus en plus, par son pouvoir réfringent, avec le liquide, finit par disparaître tout-à-fait; le petit noyau (*b'''*) reste, s'étend et disparaît à son tour. D'autres globules, au lieu de s'étendre sous forme elliptique, s'étendent sous forme sphérique; enfin si la quantité d'eau, qui sert de menstrue est suffisante, tous ces globules disparaissent en s'y dissolvant; et quelques heures après on n'en trouve plus un seul dans le liquide. Cependant il ne faut pas perdre de vue qu'à mesure que ceux-ci disparaissent, d'autres peuvent être dans le cas de se former par la fermentation du liquide. En conséquence, il sera bon de procéder à l'expérience dans un lieu frais et à une température basse.

911. On conçoit qu'à une certaine époque de l'observation microscopique, les globules des bâtraciens sont dans le cas de ressembler exactement aux globules des mammifères (950).

912. Ceux-ci primitivement sphériques, présentent, lorsqu'on approche le porte-objet de l'objectif (12), un point

(1) Les micrographes, qui ont publié les mesures de ces petits corps, ne se sont pas doutés de cette circonstance, qui pourtant est capable de fournir des résultats très divergens, selon qu'on mesurera les globules après un plus ou moins long séjour dans l'eau.

noir dans leur centre, et une auréole transparente (pl. 6, fig. 21, *c*); le point noir disparaît, lorsqu'on éloigne une seconde fois le porte-objet. En s'appliquant contre la lame du porte-objet, par suite de l'évaporation de l'eau, ces globules se présentent avec la forme (*c'*), parce qu'alors la substance, se refoulant vers les bords, forme tout autour du globule une espèce de bourrelet.

913. Ces globules, d'un si beau rouge sur les planches des micrographes (pl. 6, fig. 21, *a a'*), n'offrent quelque chose d'analogue aux figures classiques que lorsqu'ils sont recouverts de la nappe de la matière colorante; mais dès que la matière colorante, entraînée par l'albumine soluble qui s'épaissit, s'est retirée sur les bords du porte-objet, alors on voit évidemment que chaque globule est incolore et d'une transparence éblouissante. C'est principalement sur les globules grandement elliptiques des batraciens qu'on peut très bien voir cette circonstance; on n'a qu'à observer la circulation sur la queue du têtard, ou sur la patte de la grenouille, on s'assure avec la dernière évidence que ces ellipses sont entièrement incolores. L'expérience est tout aussi décisive peut-être, quand on a eu soin d'étendre d'eau pure le sang le plus fortement coloré des mammifères; car alors la matière colorante étant plus délayée, et par conséquent presque inappréciable au microscope, les globules paraissent incolores, dès le début même de l'observation.

914. Il faut cependant, en cette circonstance comme en bien d'autres, tenir compte de l'effet ordinaire de la lumière sur les corps albumineux (482), toutes les fois qu'ils commencent à altérer l'homogénéité de leur organisation (432), en s'imbibant d'eau; ils prennent alors en effet une couleur un peu jaunâtre. Par réflection (799), ils reprennent leur première blancheur.

915. Telles sont les illusions auxquelles les globules du sang peuvent donner lieu, sous le rapport de leurs formes. Etudions maintenant leur nature chimique.

916. Un acide minéral, l'acide hydrochlorique, par exemple, commence par déterminer la formation d'un noyau sur les globules encore homogènes (b''', pl. 6, fig. 21). Mais ce noyau, trace évidente d'une coagulation, varie de forme et de position dans chaque globule. L'acide hydrochlorique à la longue finit par dissoudre le globule en entier.

917. L'ammoniaque et l'acide acétique concentrés dissolvent presque instantanément ces globules.

918. La chaleur les coagule et les durcit. L'alcool produit le même phénomène.

919. Or, des globules hyalins, solubles dans l'eau, l'ammoniaque, l'acide acétique, l'acide hydrochlorique concentrés, coagulables par les autres acides, par la chaleur, par l'alcool, sont évidemment de simples globules d'albumine, et non des molécules organisées.

920. Chacun de ces globules peut donc être considéré comme de l'albumine, d'abord dissoute dans le *sérum* du sang, à l'aide d'un menstrue quelconque, et ensuite précipitée de ce menstrue, soit par la neutralisation, soit par l'évaporation de celui-ci. Cependant les précipités d'albumine qu'on obtient par l'alcool n'offrent jamais qu'un coagulum informe ; cela est vrai ; mais les précipités d'albumine qui ont lieu par l'évaporation spontanée du menstrue qui les tenait en solution représentent si bien tous les phénomènes du sang, qu'en y ajoutant une matière colorante rouge, on croirait avoir sous les yeux du sang véritable. En effet, que l'on dépose une certaine quantité d'albumine de l'œuf de poule dans un excès d'acide hydrochlorique concentré ; bientôt l'albumine, d'abord coagulée en blanc (467), se dissoudra dans l'acide, en le colorant en un violet qui passera ensuite au bleu. Si on décante alors l'acide hydrochlorique, et qu'on l'abandonne à une évaporation spontanée, on verra se précipiter une poudre blanche qui, observée au microscope, n'offrira que des globules très petits, sphériques,

égaux entre eux, et que l'œil le plus exercé confondrait volontiers avec les globules du sang.

921. Or, on accordera aisément que les quantités de ces globules varieront en raison de la quantité de menstrue qui s'évaporera dans un instant donné, et de bien d'autres circonstances accessoires; en sorte que ces globules pourront affecter des grosseurs et des formes différentes, selon les âges, les mœurs, l'espèce et le sexe des animaux soumis à l'observation.

922. Nous avons déjà obtenu des résultats analogues, en saturant violemment l'acide lactique (862) avec de la baryte (867); le précipité se compose alors de superbes globules (pl. 6, fig. 19) dont quelques-uns (*a*, *b*) offrent même un noyau dans leur centre.

923. Le noyau que l'on remarque dans l'intérieur des globules du sang des batraciens (car sur la plupart des autres c'est un simple effet d'optique (912), ce noyau, dis-je, n'est que l'effet de la dissolution successive des diverses couches du globule albumineux. Car la couche externe du globule venant à s'imbiber d'eau la première, s'étend la première dans le liquide, acquiert, par son imbibition et par son aplatissement, un pouvoir réfringent plus faible que les couches centrales, qui, dès ce moment, se montrent plus opaques que la couche externe. Lorsque la couche la plus externe s'est entièrement dissoute, la couche plus interne subit la même modification, et ainsi de suite jusqu'à la couche médiane; le globule finit par disparaître entièrement [1].

(1) Je pourrais, à la rigueur, me dispenser de réfuter l'opinion assez singulière d'un auteur, qui a gravement annoncé dans un journal, que nous percevions les globules du sang qui circule dans les vaisseaux de l'organe de l'œil, que nous les y voyions circuler. Il en a apporté en preuve ces globules que l'on voit voyager dans l'espace, lorsqu'on regarde sans voir, si je puis m'exprimer ainsi. L'auteur n'avait pas eu l'occasion de soupçonner que, si notre œil percevait, sans le secours du verre grossissant, des globules aussi petits, il verrait alors les hommes gros comme des montagnes; d'un autre côté, que si l'organe de la vi-

§ 3. Coagulation du sang.

924. Outre ces globules albumineux, le sang tient encore en solution de l'albumine liquide en très grande abondance; ce dont on s'assure au microscope, soit en laissant dessécher spontanément du sang étendu d'eau, (on observe en effet alors une couche albumineuse (434) (pl. 4 fig. 15) qui évidemment ne saurait être le produit de la réunion bout à bout des globules sanguins), soit en coagulant par l'alcool; en tenant l'œil au microscope, on voit en effet les globules enveloppés par un *coagulum* membraneux, qui se forme inopinément aux dépens de la partie liquide.

925. Cherchons à découvrir la nature du menstrue qui sert à rendre cette albumine plus soluble et qui, par sa neutralisation ou son évaporation, la dépose sous forme de globules, lesquels nagent dans le *serum* et voyagent sans se confondre dans les vaisseaux. L'analogie de composition chimique et de circulation, entre le liquide des charaignes (802) et le sang, m'avait d'abord porté à penser que le menstrue de l'albumine, chez celui-ci comme chez celui-là, n'était autre que l'acide acétique. Macquer et Homberg avaient déjà trouvé un acide dans le sang; Proust y a si-

sion voyait ses propres globules, à plus forte raison il verrait le réseau de ses vaisseaux, le réseau de ses cellules, la forme de ses divers tissus; qu'enfin il verrait tant de choses en lui-même qu'en définitive il ne verrait plus rien au dehors.

Au reste, les mouvemens de ces globules n'ont rien d'analogue aux mouvemens d'une circulation; on les voit rangés bout à bout, et en décrivant diverses figures, se mouvoir de bas en haut, de haut en bas, mais sans changer de position les uns par rapport aux autres.

Enfin on reste convaincu que ces globules, qui semblent voyager dans l'espace, ne sont que des gouttelettes de liquide qui lubréfient la cornée, et qui sont transmises à cette surface par la sécrétion des glandes lacrymales, lorsqu'on s'applique à observer les variations qu'on imprime à ces figures informes, en faisant glisser, avec le doigt, la paupière, ou de bas en haut ou de droite à gauche, ou obliquement. On peut de cette façon dessiner, pour ainsi dire, à volonté, les assemblages de ces petites gouttelettes, extérieures à l'œil, et que l'œil perçoit parce qu'elles sont extérieures.

gnalé de l'acide acétique; Berzélius y indique, ainsi que dans tous les tissus, du lactate de soude et de potasse, qui, ainsi que nous l'avons démontré plus haut, n'est qu'un acétate albumineux de soude et de potasse (874). Cette hypothèse était, il est vrai, en opposition avec l'alcalinité constatée du sang au sortir des vaisseaux; mais cette alcalinité aurait bien pu n'être que consécutive de l'acidité, et il aurait pu arriver ce que nous avons eu déjà l'occasion de constater à l'égard d'un sel ammoniacal acide et devenant bleu au contact de l'air (41). Mais l'alcalinité constante du sang le plus fraîchement tiré des vaisseaux, et la coagulation produite par un acide étendu d'eau, ne permettent pas de douter que le menstrue de l'albumine ne soit un alcali. Cet alcali, c'est de la soude (889), et surtout de l'ammoniaque (440) dont les auteurs ne tiennent aucun compte, et dont on reconnaît avec évidence les divers sels au microscope.

926. Une fois ce principe admis, la coagulation spontanée du sang n'offre plus aucune difficulté inexplicable. Car l'acide carbonique de l'atmosphère, l'acide carbonique qui se forme dans le sang, par son avidité pour l'oxigène (603), sature le menstrue de l'albumine, qui se précipite comme un caillot. L'évaporation de l'ammoniaque, et surtout l'évaporation de l'eau du sang qui sort fumant de la veine, abandonnent à leur tour une quantité proportionnelle d'albumine dissoute, et la masse se coagule d'autant plus vite que le liquide sanguin était moins aqueux. Je pourrais ajouter que la fermentation acide (697) est susceptible de se manifester, immédiatement au sortir des vaisseaux, dans un liquide élevé à 37° de température, et renfermant simultanément de l'albumine insoluble et du sucre (802), lequel acide rendrait la saturation du menstrue plus rapide.

927. La précipitation globulaire de l'albumine, dans la capacité des vaisseaux de la circulation, présente moins de difficultés encore à résoudre. Car l'absorption de la partie aqueuse ou liquide du sang, par les parois des membranes,

suffirait à l'explication, s'il n'était pas possible d'admettre qu'à chaque instant le menstrue alcalin peut être saturé par les résidus de la nutrition (897), que les parois rejettent à leur tour, dans ces canaux destinés à charrier à la fois les élémens organisateurs et les produits de la désorganisation; comme cette saturation se fait avec lenteur et gradation, sans violence et sous l'influence d'une cause identique, il s'ensuit que le précipité globulaire s'effectue avec plus de régularité, et que les globules enfin sont presque tous égaux entre eux.

§ 4. Analogies du sang [1].

928. Il suffit de jeter les yeux sur les résultats analytiques qu'a fournis l'étude du suc de *Chara* (790), celle des sèves glutineuses et qui se concrètent au contact de l'air (831), celle du lait, et celle du chyle (880), pour en saisir, d'un seul coup d'œil, l'analogie avec les résultats analytiques du sang. Même albumine dans ses deux états de solution et de précipitation globulaire; mêmes sels : hydrochlorate de soude et de potasse, phosphate et carbonate de chaux, sels ammoniacaux, acétate albumineux de potasse et de soude (*lactate de Berzélius*) (874), qui chez les *Chara* est remplacé par une dissolution de tartrate de potasse dans l'acide acétique albumineux; même coagulation spontanée au sortir des organes de la circulation, et cela par la saturation, l'évaporation ou l'affaiblissement du menstrue de l'albumine. Or ce menstrue est de l'acide acétique chez les *Chara;* c'est un alcali (soude et ammoniaque) dans le lait, le chyle et le sang.

929. Il existe encore une autre différence entre ces diverses substances organisatrices : c'est la présence d'une substance colorante rouge dans le sang des vertébrés, des annélides, etc., mais qui manque totalement dans le sang des insectes, des mollusques, etc.

(1) *Annal. des Sc. d'obs.*, tome II, pag. 416. 1829.

§ 5. Matière colorante du sang.

930. La couleur rouge du sang (913) résiste à l'action des alcalis, de l'ammoniaque, des dissolutions d'alun, de perchlorure d'étain, de la noix de galle, etc.; elle est altérée par les acides nitrique, sulfurique et même par l'acide hydrochlorique; elle ne résiste point à l'action de l'air et de la lumière, et encore moins à celle de la putréfaction. L'ébullition la fait virer au vert, quoique par réfraction elle conserve encore sa teinte purpurine. Elle varie d'intensité et même de nuances, selon que le sang observé provient des veines ou des artères (888), et selon la constitution des individus et le genre de maladies.

931. Les chimistes ont cherché à l'obtenir isolément; et les résultats de leurs recherches diffèrent entre eux du tout au tout. Brande et Vauquelin la regardent comme une matière animale *sui generis* et ne renfermant que des traces insignifiantes de fer. Berzélius au contraire, ainsi que Ingelhart et Rose, en attribuent exclusivement la couleur à la présence du fer, dans un état indéterminé de combinaison. Cette opinion est aujourd'hui la plus accréditée, et celle qui mérite le plus de l'être.

932. Mais il me paraît évident que ceux qui soutiennent cette opinion n'ont pas plus obtenu la substance colorante, à l'état de pureté, que ceux qui soutiennent l'opinion contraire; l'albumine du sang se trouve encore en abondance dans la substance obtenue par les uns et par les autres, et lui prête la plupart de ses caractères. Il suffit de raisonner les procédés suivis par les divers auteurs, pour constater ce que j'avance, et pour se rendre compte de la dissidence qui existe entre eux, au sujet du rôle que le fer joue dans cette matière.

933. Brande abandonne à lui-même le *serum* du sang préalablement séparé de la fibrine par le fouettement. La matière colorante se dépose; on décante le *serum* qui sur-

nage. Tous les menstrues de l'albumine et de la fibrine (450) dissolvent cette substance dont quelques-uns altèrent plus ou moins la couleur (330); elle se comporte avec l'alcool, l'éther, la chaleur, exactement comme l'albumine. Elle forme, dit l'auteur, avec l'eau, une dissolution (*suspension*, 66), qui ne se putréfie que difficilement. Cette assertion mérite confirmation, à moins que l'eau ne soit en excès par rapport à cette substance, ce qui rend les produits de la putréfaction moins intenses, et par conséquent moins sensibles. Sa cendre n'offre que des traces de fer. Si l'expérience est exacte, on peut expliquer cette disparution du fer, par une combinaison soluble des molécules de ce métal avec un acide produit par la fermentation, qui a dû s'établir nécessairement pendant que la substance a été abandonnée à elle-même (926); en sorte que le fer de la matière colorante ou plutôt décolorée doit se retrouver en plus grande quantité dans le *serum* que dans le *dépôt*. Au reste, par ce que nous avons déjà dit sur l'albumine (435) et sur le dépôt floconneux des corps *ovuligères* de l'articulation du poignet (639), il doit paraître évident que le dépôt formé dans l'expérience de Brande est le fait spécial de l'albumine, qui a entraîné avec elle, comme par une espèce de clarification (476), une partie de la matière colorante contenue auparavant dans le même liquide qu'elle.

934. Vauquelin est arrivé au même résultat que Brande par un procédé tout différent. Il traite le caillot du sang (926) bien égoutté sur un tamis de crin, par quatre parties d'acide sulfurique étendu de huit parties d'eau, et il fait chauffer pendant cinq à six heures à 70° centigrade. Il filtre la liqueur encore chaude, sature presque l'acide par de l'ammoniaque, laisse reposer, lave le résidu à grande eau, jusqu'à ce que le nitrate de baryte ne donne plus le moindre signe de la présence de l'acide sulfurique; ce résidu, c'est, d'après lui, la matière colorante pure. L'emploi de l'acide sulfurique dans ce procédé et à 70° de température (224),

a dû certainement modifier et altérer en grande partie l'albumine[1], qui, comme dans l'expérience ci-dessus, accompagne la matière colorante. Aussi Vauquelin fait-il remarquer que, sèche, cette matière paraît noire comme du jayet, dont elle a la cassure et le brillant; et que, soumise au feu dans un appareil fermé, elle ne change ni de forme ni de couleur; au reste les cendres de ce résidu n'ont pas plus offert de traces ferrugineuses à Vauquelin qu'à Brande. Mais, lorsqu'une série d'expériences a donné lieu à de fausses inductions, il arrive souvent qu'on rencontre le nœud de l'anomalie dans une circonstance en apparence accessoire et que l'auteur ne semble avoir jeté, dans le cours de sa narration, que comme mémoire. En effet Vauquelin fait remarquer qu'il reste une matière insoluble dans l'acide sulfurique, très abondante, qui est plus colorée en rouge et bien plus riche en fer que la matière dissoute. Comment Vauquelin a-t-il été conduit à considérer, comme matière colorante du sang, la matière dissoute plutôt que la matière insoluble? C'est sans doute parce qu'il trouvait moins de caractères albumineux dans la première que dans la seconde. Quoi qu'il en soit, il est évident que si Vauquelin n'a trouvé que des traces de fer dans la matière colorante du sang, c'est qu'il n'avait opéré que sur des traces de matière colorante.

935. Berzélius et Ingelhart procèdent à leur tour d'une manière différente de celle des auteurs précédens. Ils emploient une plus grande quantité d'eau (cinquante parties sur une de caillot). Ils chauffent la dissolution à 75° cent.; il se précipite alors des flocons rouges qui, lavés et séchés, sont considérés par eux comme de la matière colorante pure. D'après eux l'albumine reste dans la liqueur. Mais comment peut-on ne pas voir que ces flocons ne sont que de

(1) L'acide sulfurique dissout une faible quantité d'albumine (684), tout en coagulant l'autre.

l'albumine coagulée par la chaleur et emprisonnant la matière colorante qu'elle a entraînée avec elle? Il est vrai qu'il reste de l'albumine dans le liquide; mais ceci n'est plus une difficulté, puisqu'on sait (444) que l'albumine se coagule d'autant moins par la chaleur que la quantité d'eau qui la dissout est plus considérable. Du reste, la substance obtenue par Berzélius se comporte encore, avec les réactifs, exactement comme l'albumine pure. La substance obtenue par Berzélius fournit la centième partie de son poids de cendres composées d'environ cinquante parties d'oxide de fer, six parties de phosphate de chaux et d'un peu de magnésie, vingt parties et demie de chaux pure, sept parties et demie de sous-phosphate de fer, et six parties et demie d'acide carbonique. Or, comme l'albumine pure ne renferme jamais que des traces de fer, on est obligé d'admettre ici que l'oxide et le sous-phosphate de fer appartiennent à la matière colorante pure du sang, et que le phosphate de chaux, que la chaux pure et son acide carbonique, que la magnésie enfin proviennent de l'albumine du mélange coagulé.

936. Quoique la présence d'une assez grande quantité de fer dans le sang soit bien constatée, cependant ni l'acide gallique, ni l'infusion de noix de galles, ni le prussiate ou l'hydrocyanate de potasse ne produisent, dans ce liquide, aucun précipité ou aucun changement de couleur, qui y annonce l'existence de ce métal. De là Berzélius concluait que le fer n'y existe qu'à l'état métallique. Mais j'ai depuis long-temps fait observer [1] que les substances organisatrices coagulables étaient capables de soustraire une substance métallique à l'action la plus énergique d'un réactif. J'aurai bientôt occasion de parler d'un mélange d'huile et de sels de fer, qui ne donne des signes de la présence de ce métal, que plusieurs jours après qu'on a déposé le mélange dans du prussiate ferruré de potasse aiguisé d'un acide. Rose

(1) *Sur les tissus organiques*, § 90, tom. III des Mem. de la Soc. d'hist. nat. de Paris. 1827.

a confirmé ce résultat en mélangeant de l'albumine ou de la gélatine avec du peroxide de fer.

937. Ainsi nous ignorerons peut-être long-temps encore à quel état se trouve le fer dans le sang, et quels sont les caractères de la matière colorante pure.

§ 6. Usages du sang.

938. On se sert du sang de bœuf, en place d'albumine de l'œuf, qui coûterait plus cher, dans la clarification du sucre (817); on le mange à l'état du boudin; on donne celui des animaux dont la chair ne se sert pas sur nos tables, aux poules, aux dindons, etc., après avoir eu soin de le dessécher et de l'émietter; enfin, à ce dernier état, il constitue, dit-on, un excellent engrais, même pour la culture des racines telles que la betterave, à laquelle le fumier animal fait contracter un mauvais goût.

939. On prépare le bleu de prusse du commerce, en calcinant un mélange de parties égales de potasse du commerce et d'une matière animale qui est ordinairement du sang desséché. Dès que la masse est pâteuse, ce qui a lieu à la température rouge, on la jette dans l'eau, on l'y délaie, on la jette sur un filtre. La liqueur contient de l'hydrocyanate de potasse, du sous-carbonate, de l'hydrosulfate et de l'hydrochlorate de la même base. On traite la liqueur filtrée avec de l'eau dans laquelle on a fait dissoudre deux parties d'alun et une partie de sulfate de fer. Il se fait aussitôt une vive effervescence, et d'une autre part, un précipité abondant, qui, après avoir été bien lavé, passe du brun noirâtre au brun verdâtre, du brun verdâtre au brun bleuâtre, et enfin à un bleu de plus en plus prononcé. Ce n'est qu'au bout de vingt-cinq jours qu'il a acquis la plus belle teinte de bleu. On jette sur un filtre, on laisse égoutter, on partage le dépôt en masses cubiques qu'on verse dans le commerce. Dans cette opération, l'action désorganisatrice de la potasse a facilité la combinaison, aux dépens de la matière animale,

d'un volume de vapeur de carbone et d'un volume de gaz azote, qui, s'associant à la potasse, forment du cyanure de potassium. Ce sel, jeté dans l'eau, la décompose, et se transforme ainsi en hydrocyanate de potasse, qui, mis en contact avec un sel ferrugineux, se transforme en hydrocyanate de peroxide de fer, lequel est d'un beau bleu. L'alun est employé ici pour favoriser la double décomposition.

§ 7. Applications.

940. Chimie. — Woehler ayant découvert que *l'urée* pouvait être considéré comme un *cyanite d'ammoniaque* qu'on reproduit artificiellement, en faisant passer dans l'ammoniaque du gaz cyaneux, l'urée que Prévost et Dumas ont signalée dans le sang ne serait-il pas le produit des procédés de leurs expériences (890)?

941. Chimie médicale. — Le *Journal général de médecine* publia, en 1829, une observation intéressante, mais dont on ne se rendit pas compte, sur un phénomène que présenta le sang d'un homme qui venait d'éprouver des vertiges. Ce sang, au sortir de la veine, était trouble, d'un rouge clair, sale, et devenait marbré et rouge blanchâtre, à mesure qu'il se refroidissait dans la cuvette. Quelques gouttes qui tombaient sur le carreau blanchissaient en peu d'instans, et prenaient l'aspect du chocolat au lait; au bout d'une demi-heure, il s'était formé un caillot d'un volume médiocre, nageant dans une grande quantité d'un fluide blanc et opaque, tout-à-fait semblable à du lait.

942. Les médecins et les chimistes furent bien embarrassés pour expliquer ce phénomène, qui pourtant était susceptible d'une explication bien facile [1]. Sous l'influence, ou en l'absence de l'une des causes qui président à la circulation, il s'était formé un acide, qui, saturant le menstrue alcalin de l'albumine, avait occasionné la coagulation de celle-ci; or, cette coagulation informe n'avait pu s'opérer

(1) *Annal. des Sc. d'obs.*, tom. II, pag. 221. 1829.

sans masquer la couleur du sang et la rendre rosée, et sans donner au *serum* l'aspect du lait (54,858). Dans cette hypothèse, le *serum* ne devait plus contenir d'albumine ; voila pourquoi M. Caventon n'y en a pas trouvé, *à son grand étonnement*; car en chimie, comme partout ailleurs, *non bis in idem*. Or, la présence d'un acide libre dans ce sang était rendue évidente par l'action de ce liquide sur le carreau de l'appartement, et les papiers réactifs l'auraient encore mieux constaté, si on en eût fait usage à l'instant même.

943. L'excès des boissons alcooliques, ou les progrès d'une inflammation, sont capables de produire sur le sang des effets analogues à ceux que l'observation précédente a signalés.

944. Médecine légale. — Une erreur peut être réparée en chimie; en médecine légale elle est irréparable; le glaive de la loi ne revient pas en arrière comme l'opinion du médecin; aussi depuis 1828 je n'ai cessé de saisir toutes les occasions qui se sont présentées, pour reprocher à la médecine légale la légèreté avec laquelle elle prononçait devant la loi [1].

945. On avait prétendu qu'on pouvait reconnaître, devant la loi, à quelle classe d'animal appartiendrait le sang d'une tache donnée, à l'inspection seule de ses globules, même après son entière dessiccation. Les faits que j'opposais à cette opinion forcèrent le chimiste, qu'on en disait l'auteur, à la désavouer d'une manière éclatante [2].

946. Vers la même époque, et à l'aide de procédés en grand, Orfila annonça, dans un travail étendu, qu'on pourrait distinguer une tache de sang d'une tache rouge quelconque [3]. Je combattis cette opinion, et pour en démontrer

(1) *Journal général de médecine*. 1828, tom. III, pag. 355, etc.

(2) *Bull. des Sc. médicales*, tom. XIV, n° 57 et 58. Mai 1828.

(3) Dans le cours de la polémique, Orfila alla même jusqu'à soutenir qu'il saurait distinguer une tache de sang, quand elle ne serait pas plus grosse *qu'une tête d'épingle*.

la fausseté par une contre-expérience, je présentai des taches faites avec de l'albumine de l'œuf de poule, dans laquelle j'avais laissé séjourner un sachet plein de garance légèrement humectée d'eau. Ces taches se comportaient avec les réactifs signalés dans le travail d'Orfila, de la même manière que les taches véritables de sang. Dans un travail subséquent, Orfila signala une différence entre les taches réelles et les taches artificielles de sang. En effet, l'ébullition rend le sang verdâtre par réflection et n'altère pas la couleur des taches artificielles. Je répondis que l'auteur ne réfutait rien par cette circonstance, car la question n'était pas de savoir si mes taches artificielles étaient ou non identiques avec les taches véritables, mais seulement de prouver combien les réactions, signalées dans son mémoire, au sujet d'une substance aussi mélangée que le sang, étaient trompeuses, puisqu'il avait fallu à l'auteur refaire tout un travail sur de nouvelles bases, afin de parvenir de nouveau à faire distinguer le véritable sang d'une tache imprévue ; que l'on pouvait composer un nouveau mélange capable de déjouer encore le nouveau réactif d'Orfila ; qu'il suffisait, pour atteindre ce but facile, d'ajouter, à la tache d'albumine et de garance, du tannin et un sel de fer, d'une manière telle que leur réaction réciproque n'eût lieu que pendant l'ébullition. J'ajoutais que la nature fourmille de mélanges dont la chimie n'a pas encore abordé l'étude, et qui seraient capables de présenter en petit des similitudes avec le sang ; car celui-ci en définitive n'est qu'un mélange d'albumine dissoute et indissoute, de divers sels, d'une matière colorante ferrugineuse et d'eau, substances que le hasard ou un jeu de la nature peut associer, de toutes pièces, de vingt manières différentes.

947. La polémique fut vive, comme elle l'est toujours en médecine ; mais l'éveil fut donné ; on commença à douter, et l'on a fini par ne plus croire à de tels tours de force.

948. Barruel renchérit pourtant sur les assertions d'Orfila, quelque temps après ; il prétendit que l'acide sulfurique

concentré, versé sur du sang frais ou sec, en dégageait une odeur qui servait à faire reconnaître l'espèce d'animal d'où il aurait été tiré. Je fis observer, dans une réfutation basée sur des expériences spéciales [1] : 1° que l'auteur n'ayant opéré que sur un certain nombre d'animaux, n'était nullement fondé à admettre que le sang d'aucun autre ne réunirait les qualités reconnues à ceux sur lesquels il avait fait ses expériences; 2° que n'ayant opéré que sur le sang pur de chaque animal, rien ne pouvait porter à croire que, dans le cas d'un mélange fortuit ou prémédité, l'odeur ne se modifiât de la manière la plus trompeuse. En même temps je citai des exemples où le sang d'homme dégageait par l'acide sulfurique l'odeur du sang de bouc (il suffisait pour cela de déposer la tache sur un crachat ou sur de la salive); d'autres où le sang de mouton dégageait l'odeur du sang d'homme (il suffisait pour cela d'en déposer une goutte sur du linge imprégné de la transpiration humaine); d'autres où le sang du mouton laissait dégager l'odeur de la vache ou du cheval, (il suffisait de déposer la tache sur des parcelles d'excrément humain). Du reste, je faisais remarquer que l'odeur caractéristique d'une espèce d'animal changeait selon les individus et les divers cas maladifs, et qu'elle variait même selon l'odorat de l'expérimentateur; qu'en conséquence on s'exposait à commettre les erreurs les plus graves devant la loi, à livrer au glaive de la justice la personne la plus innocente, et à faire absoudre l'homme le plus coupable, en se fiant à de telles réactions. Soubeyran ne tarda pas à ajouter son témoignage au nôtre [2], et le travail de Barruel n'a pas eu le temps de servir de guide aux investigations légales.

949. L'acide sulfurique dégage cette odeur, en produisant, par la chaleur qu'il détermine dans le mélange, une vaporisation plus intense. Peut-être décompose-t-il aussi quelque sel ammoniacal qui est la cause de l'impression caractéristique

(1) *Annal. des Sc. d'obs.*, tom. II, pag. 133. 1829.
(2) *Annal. des Sc. d'obs.*, tom. II, pag. 465. 1829.

produite sur l'odorat. J'expliquerai cette pensée à l'article des odeurs.

950. CHIRURGIE. — Amussat, Velpeau et Thierry ont constaté, qu'en déchirant et tordant les artères, on s'opposait aux hémorragies bien plus puissamment qu'à l'aide des simples ligatures. Cette circonstance s'explique très bien par la propriété que nous avons signalée dans le gluten, dans le caoutchouc (285), propriété qui est inhérente à toutes les membranes animales (492). Nous avons fait remarquer que les membranes élastiques de ce genre ne se soudent jamais bien de face, mais par leurs bords rafraîchis. Or, par la ligature des artères, on ne met en contact que les parois du canal artériel, tandis que, par le déchirement et la torsion, on rapproche les bords rafraîchis de bien des manières différentes.

951. PHYSIOLOGIE. — La circulation n'est indiquée au microscope que par la marche des globules que charrie le liquide (809); mais, d'un autre côté, ces globules n'étant qu'un précipité albumineux provenant de l'élimination d'un menstrue quelconque, il pourra arriver des cas où, la quantité de menstrue étant suffisante, il n'y aura pas de précipité, et par conséquent pas de globules. La circulation sera alors insaisissable au microscope, quoiqu'elle existe réellement, comme l'indique l'analogie. Les observateurs jusqu'à ce jour n'y ont pas regardé de si près dans leurs raisonnemens, et ils ont bien des fois prononcé que les infusoires, par exemple, étaient privés de la circulation.

952. Il suit de cette considération que le nombre des globules pourra varier chez les animaux dont le sang en possède, selon les saisons, l'âge, le genre de prédispositions ou de maladies, toutes circonstances capables de modifier la capacité de saturation des menstrues de l'albumine.

953. Le sang étant un mélange de substances chimiques dont nous connaissons isolément les propriétés, ce n'est pas là qu'est le foyer de la vie, mais plutôt dans les tissus

aspirateurs et *expirateurs* (596). Lorsque nous serons maîtres d'analyser cette double propriété, nous tiendrons les fils de la vie organique.

954. C'est à regret que je consacre quelques lignes à la réfutation d'une hypothèse sur l'évaluation pondérale des globules du sang. De pareilles idées se réfutant d'elles-mêmes, il suffit de les énoncer. MM. Prévost et Dumas avaient admis en principe *à priori* que les globules formaient la fibrine; de leur hypothèse ils tiraient la conséquence qu'en pesant le caillot, on aurait le poids des globules. Nous avons vu plus haut que le caillot fibrineux était le produit de la coagulation de l'albumine du sang; que cette coagulation ne pouvait avoir lieu sans emprisonner les globules; que le caillot en conséquence était composé des globules et d'une grande partie de l'albumine dissoute. Les auteurs avaient dressé des tables auxquelles la symétrie typographique semble prêter un air d'exactitude que la réflexion fait bientôt disparaître. On y voit que 10,000 parties de sang de pigeon contiennent 1,557 globules, 469 albumine et sels solubles, 7,974 eau; que la même quantité, chez l'homme, contient 1,292 globules, 869 albumine, etc. et 7,839 eau, etc. etc. *Tout cela est fort beau, mais c'est encore dans les fables.*

§ 8. Lymphe.

955. La lymphe est un liquide incolore qui circule dans des vaisseaux spéciaux nommés *vaisseaux lymphatiques*, se dirigeant du canal thoracique vers les extrémités artérielles. Elle possède la même composition et les mêmes propriétés que le sang, à l'exception de la matière colorante. Elle se coagule en peu de temps, et se compose de fibrine, albumine, chlorure de sodium, soude carbonatée, phosphate de chaux et de magnésie, et carbonate de chaux. Elle est alcaline (924). C'est un chyle ou un sang blanc.

QUATRIÈME GENRE :

LIQUEUR SPERMATIQUE.

956. Si quelque chose est capable d'humilier l'orgueil du chimiste, c'est certainement l'identité qu'il est condamné à constater entre tant de substances qui remplissent cependant des fonctions si différentes. La liqueur spermatique, qui crée la vie, paraît à peine différer, par l'analyse, du sang qui n'est destiné qu'à entretenir la vitalité. 900 parties d'eau, 60 de mucilage animal (450), 10 de soude libre, 30 de phosphate de chaux (Vauquelin), c'est tout ce qu'on trouve dans le sperme humain. Une matière animale *particulière!* du mucus, de la soude libre, du chlorure de sodium et du phosphate de chaux, c'est ce que Lassaigne signale dans le sperme du cheval. Berzélius y admet tous les sels du sang, plus une matière animale particulière. Cette matière animale particulière revient à une matière albumineuse mélangée à certaines bases ou à certains sels. Quand le chimiste ne peut se rendre compte de la composition du mélange, il prononce que la matière est une substance *sui generis*, et aujourd'hui la chimie est encombrée de ces produits faciles de notre paresse ou de notre impatience. Le mucus animal n'est que de l'albumine rendue soluble à l'aide de l'alcali libre qui rend le sperme alcalin. Mais les auteurs n'y ont pas aperçu les sels ammoniacaux dont l'observation microscopique démontre l'existence (440).

957. La liqueur spermatique est épaisse et gluante au sortir des organes générateurs; mais (926) vingt à vingt-cinq minutes après, en vase clos ou ouvert, elle se liquéfie et devient alors soluble dans l'eau froide ou chaude. Dans une atmosphère chaude et humide, elle devient jaune et acide, et répand une odeur de poisson pourri. Elle est précipitée de sa solution aqueuse par l'alcool, le chlore, le sous-acétate de plomb, le protonitrate de mercure, etc. Elle est soluble dans la potasse et la soude, et surtout dans la plupart des acides.

958. La liquéfaction spontanée de la liqueur spermatique peut s'expliquer par l'action de la soude libre, qui finit par la dissoudre. On pourrait objecter que la même quantité de soude se trouvait dans la liqueur spermatique, à l'instant de l'éjaculation : mais pour que cette objection restât sans réponse, il faudrait s'être assuré que la soude libre ne provient pas de la glande prostate; car le mélange du sperme et de cette dernière liqueur n'ayant lieu qu'à l'instant de l'éjaculation, il n'y aurait plus rien d'étonnant que son action ne se manifestât que long-temps après. Cette question appelle de nouvelles recherches; mais pour procéder d'une manière logique, il faudra prendre la liqueur spermatique dans les vaisseaux qui lui sont propres et l'analyser à part de tout mélange. Avec le secours de la nouvelle méthode, je ne doute pas qu'on ne parvienne à faire la part de toutes les circonstances qui embarrassent aujourd'hui le chimiste et le physiologiste.

959. L'acide sulfurique uni soit au sucre, soit à l'huile, soit à l'albumine (684), ne communique point la couleur purpurine au sperme humain. Cela ne viendrait-il pas de la grande quantité de sels et de bases que renferme cette substance, et qui paralyseraient l'action de l'acide en le saturant?

§ 1. Animalcules spermatiques [1].

960. La liqueur séminale du mâle offre au microscope une multitude d'animalcules, d'une petitesse extrême chez l'homme, et qu'on ne retrouve jamais dans la liqueur séminale de la femelle. Leurs formes générales et leurs dimensions varient selon les espèces d'animaux.

961. Ces corps singuliers ont occupé les physiologistes depuis Leuwenhoeck et Needham jusqu'à nous; et il n'est sorte de systèmes auxquels leur présence n'ait donné lieu. On se

(1) *Histoire naturelle de l'alcyonelle*, § 82, tome IV des Mem. de la Soc. d'hist. nat. de Paris.

rappelle l'opinion que MM. Prévost et Dumas ont en dernier lieu empruntée à des observateurs déjà anciens ; ils regardaient ces animalcules comme destinés à s'enchâsser dans l'ovule afin d'y former le rudiment du système nerveux de l'animal futur. Ces deux auteurs avaient même eu l'occasion de voir de leurs propres yeux l'animalcule faire son entrée dans l'ovule préféré, et s'y loger à jamais. Malheureusement pour une aussi belle rencontre, ces messieurs n'avaient pas eu l'occasion de s'apercevoir que la transparence de *l'albumen* de l'ovule, était capable de faire prendre le passage de l'animalcule au-dessous de l'ovule pour son entrée dans ce corps. Nous avons eu de fréquentes occasions de nous rendre compte de cette illusion ; et à l'instant où l'animalcule semblait avoir disparu pour toujours en se nichant dans le jaune opaque, il nous arrivait de le revoir continuer sa route, et sembler sortir de l'ovule où il avait semblé entrer.

962. Ces mêmes observateurs ont décrit des yeux sur les animalcules de certaines espèces ; mais ces yeux ne sont que des effets de lumière, dont on peut se rendre raison en observant, chez certains microscopiques, les surfaces susceptibles de s'appliquer sur le porte-objet par le mécanisme des ventouses.

963. Rien ne ressemble mieux à un de ces animalcules spermatiques des vertébrés, que les Cercaires qu'on rencontre près des organes génitaux des buccins des étangs (*Lymnaeus stagnalis*) ; corps oblongs ou sphériques terminés par une queue qui serpente en s'agitant. La seule différence existe dans la dimension gigantesque des cercaires ($\frac{1}{3}$ de millimètre), et dans celle des animalcules spermatiques qui ont à peine $\frac{1}{100}$ de millimètre, et qui, au grossissement de 100 diamètres, paraissent comme des grains de fécule d'orchis (118) tenant au bout d'un petit poil noir, qui s'agite avec ondulation. Les cercaires me paraissent être les animaux les plus simples en organisation, n'ayant point d'organes digestifs, et ne vivant que par aspiration et expiration (584). Les ani-

malcules spermatiques me font l'effet d'appartenir à ce genre de microscopiques; et, si on les rencontre exclusivement dans le sperme, il ne faut pas en chercher la cause ailleurs que dans le cercle des lois qui font que les helminthes affectent un milieu plutôt qu'un autre, que les ascarides vivent exclusivement dans les intestins, les hydatides dans le cerveau (631), et certains strongles dans les vaisseaux sanguins.

964. Ce que j'ai dit précédemment des lambeaux mouvans des branchies et des ovaires des mollusques (584) me porterait même à penser que ces animaux si simples en organisation ne sont que des lambeaux de tissus des organes générateurs, éjaculés avec la liqueur spermatique, et qui décrivent des mouvemens involontaires à la faveur de la propriété qu'ils ont éminemment d'aspirer et d'expirer. Car si on ouvre un ovaire des moules de rivière, on observe, à côté des gros ovules, des myriades de lambeaux mouvans qui varient à l'infini de forme et de grosseur, et qui n'offrent rien qui ressemble à une organisation normale; ils portent tous les traces évidentes d'un déchirement [1]. Or, ces lambeaux pourraient bien affecter une plus grande régularité dans certaines classes d'animaux d'un ordre plus élevé. Quoi qu'il en soit, je pense que, provisoirement, les animalcules spermatiques qui, jusqu'à ce jour, ont été relégués dans les *incertæ sedis,* peuvent être placés dans le genre des cercaires.

965. La dessiccation du sperme altère tellement ces petits cercaires, qu'il serait impossible de se prononcer sur leur présence, au microscope, dans un sperme humain primitivement desséché. Dans cet état, on distingue à peine le sperme du chyle ou de la lymphe desséchée, et si on y rencontre des globules, on les voit entièrement privés de queue. Il est inutile de faire observer qu'ils ont perdu le

1) Mémoire ci-dessus cité, pl. 16, fig. 2, 3, 4, 5, 6, 9, 10.

mouvement et qu'ils ne le recouvrent plus; la faculté de résurrection n'a été observée encore que sur le Rotifère.

§ 2. *Aura seminalis.*

966. Comme aucune des substances chimiques signalées dans le sperme, soit seule, soit artificiellement mélangée, n'est capable de produire la fécondation, que d'un autre côté, d'après les belles expériences de Spallanzani, il est démontré que les animalcules ne sont pas les agens de cette opération subtile, il faut conclure que la substance fécondante, *l'aura seminalis*, reste encore à connaître, et que la fécondation animale est un mystère aussi impénétrable que la fécondation végétale (376), dans l'état actuel de la science.

TROISIÈME GROUPE.

SUBSTANCES ORGANISANTES.

Ire DIVISION. — SUBSTANCES COMMUNES AUX VÉGÉTAUX ET AUX ANIMAUX.

PREMIER GENRE :

SUBSTANCES GRASSES[1].

967. Dans le groupe des *substances organisées* (408), je me suis occupé des graisses, sous le rapport de l'organisation du tissu et des glandes adipeuses. Je ne dois plus traiter, dans ce genre, que de la substance contenue dans les vésicules, substance qui, loin de former immédiatement le tissu, comme l'albumine, en s'associant aux sels ou aux bases terreuses, sert ou bien à protéger l'œuvre de l'organisation, ou bien à lui fournir des élémens organisateurs, par ses transformations ou sa propre décomposition. Cette substance prend la dénomination générale de *substance grasse* ou *corps gras*.

968. On entend par *corps gras*, des substances neutres plus ou moins liquides à la température ordinaire, qui fondent à une température plus élevée, qui tachent le papier, c'est-à-dire le rendent transparent, (*l'huilent, le grais-*

(1) Répert. génér. d'Anat., tom. III et IV, *Mém. sur les graisses et 2e Mem. sur les tissus de nature animale.* — *Annal. des Sc. d'obs.*, tom. IV, pag. 244. 1830.

sent), insolubles dans l'eau, mais qui se dissolvent dans l'alcool, surtout à chaud, et enfin que les acides et surtout les alcalis rendent en général solubles dans l'eau (*saponifient*). Elles brûlent avec flamme, en répandant une fumée souvent épaisse.

969. Celles qui sont liquides à la température ordinaire se nomment *huiles*, et sont également réparties dans le règne animal et dans le règne végétal. Celles qui se figent à la température ordinaire se nomment *graisses*, et sont plus spécialement affectées au règne animal. Parmi les végétaux, l'arbre à suif (*Croton sebiferum*) est le seul connu qui produise une véritable graisse.

§ 1. Composition élémentaire des corps gras.

	Carbone.	hydrog.	oxig.	azote.	
Graisse de porc	78,843	12,182	8,502	0,473	Saussure.
Suif de mouton	78,996	11,700	9,304		Chevreul.
	65,000	21,500	13,500		Bérard.
Blanc de baleine	75,474	12,795	11,377	0,354	Saussure.
	81,000	13,000	6,000		Bérard.
Huile de poisson	79,650	14,350	6,000		Idem.
Huile de noix	79,774	10,570	9,122	0,534	Saussure.
Huile d'olive	77,210	13,360	9,430		G. L. et T.
Huil. d'amande douce	77,403	11,481	10,828	0,288	Saussure.
Huile de lin	76,014	11,351	12,635		*Id.*
Huile de ricin	74,178	11,034	14,788		*Id.*
Beurre	65,600	17,600	16,800		Bérard [1].
Cire blanche	81,784	12,672	5,554		G. L. et T.
	81,619	13,860	4,530		Saussure.

970. On a remarqué que les corps gras sont liquides à une température d'autant moins élevée, qu'ils contiennent moins de carbone et plus d'oxigène; et Saussure admet que plus ils

(1) Les résultats obtenus par Bérard sont tellement disparates, et s'éloignent tellement de ceux de tous les autres observateurs, que je ne les cite ici que pour compléter l'histoire des graisses; on doit se rappeler que Saussure a trouvé de l'azote dans les substances les moins azotées (2,664).

contiennent d'oixgène, et plus ils sont solubles dans l'alcool.

971. Les nombres de ce tableau autorisent à considérer les corps gras comme une combinaison d'hydrogène bicarboné (gaz oléfiant) et d'eau; ainsi l'huile d'olive représente un mélange d'environ 90 d'hydrogène bicarboné et de 10 d'eau. Mais d'un autre côté on voit, que si les corps gras absorbaient assez d'oxigène pour que tout l'hydrogène qu'ils possèdent fût transformé en eau, leur composition élémentaire serait identique avec celle des gommes, sucres et ligneux, et pourrait être représentée par 1 vol. de carbone et 1 vol. d'eau (719). L'huile, dont les propriétés physiques et chimiques sont si différentes de celles des gommes, deviendrait ainsi une substance organisatrice et fournirait aux tissus leurs élémens immédiats. Or cette hypothèse, qui a échappé à l'ancienne chimie, se réalise sous nos yeux avec des circonstances si frappantes, malgré l'imperfection de nos procédés, que l'on est forcé d'admettre par analogie que, dans le laboratoire tout-puissant de l'organisation, la métamorphose doit s'opérer d'une manière complète.

§ 2. Action des gaz sur les corps gras

972. Les huiles se conservent sans altération dans un vase clos, pendant long-temps; mais exposées à l'air atmosphérique, même au-dessus de l'eau qu'elles surnagent, on les voit peu à peu s'épaissir, et finir par se solidifier en une substance membraneuse, transparente, jaunâtre, élastique, qui ne tache plus le papier, ne fond qu'à la température à laquelle la gomme et le ligneux fondent eux-mêmes; on dirait que c'est un caoutchouc (828) à son état de pureté; c'est un véritable tissu. Elles sont alors insolubles dans l'alcool même chaud.

973. Ce changement est l'effet de l'absorption de l'oxigène de l'air. De Saussure a constaté qu'une couche d'huile de noix, de trois lignes d'épaisseur, placée sur du mercure à l'ombre, dans du gaz oxigène pur, en avait absorbé trois

fois son volume en 8 mois, mais qu'elle en absorba 60 fois son volume dans les 10 jours suivans qui appartenaient au mois d'août; que cette absorption diminua ensuite graduellement et s'arrêta au bout de trois mois. A cette époque, l'huile avait absorbé 145 fois son volume de gaz oxigène, et elle n'avait produit que 21,9 volumes d'acide carbonique.

974. Les huiles qui possèdent cette propriété à un plus haut degré, c'est-à-dire qui se dessèchent le plus vite, se nomment *huiles siccatives*. D'autres huiles épaississent et deviennent acides sans se dessécher entièrement; elles contractent une odeur et une saveur désagréables; elles sont *rances;* on les purifie en grande partie en saturant l'acide par de l'hydrate de magnésie délayé dans l'eau, et en y agitant l'huile.

975. Les huiles se comportent d'une manière analogue avec les autres gaz. L'huile de noix, d'après De Saussure, à 18° cent., absorbe une fois et demie son volume de gaz oxide nitreux et de gaz acide carbonique, une grande quantité de gaz oxide nitrique, 1,22 fois son volume de gaz oléfiant (970).

§ 3. Action des acides sur les corps gras (684).

976. Depuis long-temps on sait qu'un acide avide d'eau est capable, s'il est concentré, de saponifier une huile ou une graisse, c'est-à-dire, de la rendre soluble dans l'eau.

977. Si l'on se sert d'acide sulfurique (en faible quantité, 1 sur 100), voici ce qu'on observe, pourvu que l'on agite le mélange au contact de l'air. Il se produit un *magma* blanc, et il se dégage beaucoup de chaleur; l'huile se fige et reprend sa fluidité, si l'on y ajoute de l'eau: il reste pourtant quelques flocons qui refusent de s'y dissoudre. Mais on s'assure au microscope que la partie limpide ne retient rien en suspension. L'eau qu'on y ajoute n'en précipite rien; mais si l'on y verse de l'ammoniaque, il se forme tout à coup un précipité plus ou moins floconneux et gras, qui n'est formé

que d'huile altérée ou plutôt ayant subi une transformation par l'addition d'un principe qui manquait à son organisation (972).

978. Or, d'après tout ce que j'ai déjà fait observer dans le cours de cet ouvrage (506, 303), il doit paraître évident que ces flocons retiennent toujours, malgré les lavages les plus nombreux, et de l'acide sulfurique libre et de l'ammoniaque libre ou combinée. Car, si la quantité d'un acide donné est simplement dissoute dans l'huile, et si l'on désire l'enlever par les lavages à l'eau, l'huile se divisera en globules plus ou moins volumineux; dès lors l'eau pourra bien s'emparer des molécules acides qui revêtent la surface de ces globules oleagineux, mais elle n'atteindra jamais l'acide qu'ils emprisonnent; et il arrivera une époque où l'eau de lavage cessera d'être acide, sans que l'huile ait perdu son acidité. J'ai placé une larme d'acide hydrochlorique dans un centimètre cube d'huile d'olive; j'ai lavé à grande eau, et alors que l'eau ne me semblait plus donner des traces mêmes d'acidité, je parvenais pourtant, à l'aide d'une dissolution dans l'alcool froid ou chaud, à en reconnaître l'existence. Au bout de trois mois d'exposition à l'air, cette huile renfermait encore de l'acide hydrochlorique, bien reconnaissable aux réactifs.

979. Nous avons déjà établi que les substances organisatrices s'opposent souvent aux réactions des corps; il en est de même des substances organisantes, et à plus forte raison des huiles, qui étant immiscibles à l'eau, doivent protéger les corps qu'elles dissolvent contre l'action des dissolutions aqueuses. Aussi, à une certaine phase de l'expérience, arrivera-t-il qu'on ne saura plus se prononcer sur la nature de l'acide employé.

980. Les acides concentrés, employés en suffisante quantité, exercent leur action désorganisante sur les huiles, comme sur les autres substances; l'acide sulfurique les rend d'abord verdâtres, et il finirait par les charbonner. L'acide hydrochlorique produit le même effet.

981. L'acide nitrique concentré agit à peu près de la même manière : mais le mélange s'échauffe tellement qu'il s'enflamme quelquefois. A l'aide de l'ébullition, l'acide nitrique étendu convertit les huiles, comme les gommes (650) en acides malique, oxalique, etc.

982. Plusieurs acides végétaux se dissolvent dans les huiles, sans leur faire subir aucune altération sensible.

983. L'acide arsénieux s'y dissout en les épaississant et les rendant plus claires et plus pesantes.

§ 4. Action des bases sur les corps gras. — Savons.

984. Ainsi que les acides, la potasse et la soude communiquent, par l'ébullition, aux huiles et aux graisses, la propriété de se dissoudre dans l'eau, et forment avec elles une espèce de combinaison alcaline que l'on nomme *savon*. L'ammoniaque caustique se combine lentement avec les huiles, et finit par former un liquide laiteux, appelé *liniment volatil* en médecine.. L'eau en sépare l'huile dans toute son intégrité; mais à la longue l'ammoniaque agit sur l'huile, comme les autres alcalis; et les produits de la *saponification*, dans l'un comme dans l'autre cas, sont des altérations diverses de l'huile que nous examinerons plus bas.

985. Mais puisque l'acide nitrique agit sur les huiles et graisses, comme sur la gomme (980), et qu'il les transforme en acides malique, oxalique, et autres, l'analogie indique d'avance que les alcalis caustiques doivent se comporter avec les huiles de la même manière qu'avec toutes les substances qui peuvent être représentées par du carbone et de l'eau (970). La potasse caustique transformera donc les huiles en acides oxalique, acétique, carbonique, etc., qui y resteront dissous.

986. La baryte, la strontiane et la chaux saponifient les huiles; mais la combinaison est insoluble dans l'eau. La magnésie hydratée forme à froid avec elles une émulsion, et se saponifie par la chaleur de la même manière que ces bases. Anhydre, elle est sans action sur elles. Les oxides mé-

talliques, tels que ceux de zinc, de manganèse, de fer, de cobalt, de cuivre, de bismuth, de mercure, d'argent, d'or et de plomb, jouissent de la même propriété. Les carbonates et bicarbonates alcalins, le borax et le borate de potasse saponifient les huiles lentement, et d'une manière incomplète.

987. L'aspect laiteux que prend l'eau dans laquelle on fait dissoudre l'un de ces savons est le résultat de la suspension des molécules non dissoutes. On les distingue au microscope sous forme de cellules désagrégées et aplaties, dont nous avons parlé au sujet de l'épiderme. Ces molécules disparaissent à leur tour quand la quantité d'eau employée est suffisante. Lorsque le liquide a repris toute sa transparence, on le rend de nouveau laiteux, si l'on y verse un acide qui précipite l'huile en s'emparant de son dissolvant. Le précipité s'offre alors sous forme de globules infiniment petits, qui restent quelque temps suspendus dans l'eau, et finissent par se rassembler à la surface.

988. Les savons insolubles rendent l'eau trouble, mais non laiteuse.

§ 5. Combinaisons des huiles grasses avec les autres corps.

989. Les huiles bouillantes dissolvent le soufre ; l'huile se transforme alors en une masse épaisse, visqueuse, rouge brunâtre, et d'une odeur désagréable ; il se dégage aussi de l'hydrogène sulfuré. A une température plus basse l'huile dissout le soufre sans s'altérer ; et, par le refroidissement, elle laisse déposer l'excès de soufre en cristaux octaèdres allongés.

990. Le phosphore se dissout aussi dans 36 parties d'huile froide, et dans une moindre quantité par la chaleur ; par le refroidissement l'excès de soufre se dépose cristallisé. La dissolution est phosphorescente, propriété que lui enlève une huile essentielle.

991. Le selenium, le chlore, l'iode se dissolvent de

même dans les huiles, et finissent par s'y transformer, les deux derniers en acides hydrochlorique et hydriodique.

992. Le sel marin, les *alcalis végétaux*, les chlorures de phosphore, de soufre, d'arsénic, les huiles essentielles, etc., s'y dissolvent également[1].

§ 6. Action de la chaleur sur les corps gras.

993. Les molécules des huiles sont si faciles à se désagréger et à former de nouvelles combinaisons, qu'on ne peut les soumettre à l'influence de la chaleur, sans en retirer des produits aussi nouveaux que variés.

994. On savait, dès le temps de Macquer, qu'en distillant la graisse de mouton, le beurre, etc., on obtient, dans le récipient, une huile dont la fluidité est à peu près semblable à celle des huiles grasses, ensuite une huile épaisse qui se fige par le refroidissement, et qui est accompagnée de quelques gouttes d'un liquide dont l'acidité devient de plus en plus grande, enfin une huile épaisse, une espèce de beurre qui a une couleur rousse. On savait encore alors qu'en distillant une huile grasse, avec le double de son poids de chaux éteint à l'air, on peut atténuer l'épaisseur de l'huile, jusqu'à lui communiquer l'aspect d'une huile essentielle, et qu'à mesure que l'huile ténue passe dans le récipient, il reste dans la cornue une portion épaisse et lourde de la même huile.

995. Or si la chaleur produit ces effets sur les huiles seules, il doit paraître évident que les produits seront analogues quand on soumettra ces substances grasses à la chaleur dans un menstrue quelconque.

996. Ces principes et ces expériences une fois bien connus, l'application s'en fait naturellement aux substances nouvelles que la chimie moderne a signalées dans les corps gras.

(1) Il est inutile de faire remarquer que ces dissolutions ne peuvent avoir lieu qu'à chaud avec les graisses, puisqu'elles cessent d'être liquides à la température ordinaire.

§ 7. Produits neutres de l'altération des huiles et graisses.—STÉARINE et OLÉINE.

997. Chevreul et Braconnot ont admis, dans chaque huile grasse et dans chaque graisse, l'existence de deux corps gras dont l'un liquide à — 4°, et l'autre solide à la température ordinaire. D'après eux le plus ou moins de fluidité et de fusibilité d'une huile ou d'une graisse serait le résultat des proportions du mélange. Chevreul a nommé *stéarine* la substance solide à laquelle Braconnot conservait le nom de suif, et *oléine* la partie liquide que Braconnot nommait *huile*.

998. On obtient ces deux substances, soit par expression, soit par dissolution. Dans le premier procédé qui s'applique aux huiles, on fait congeler l'huile, en abaissant la température; on presse la masse entre des feuilles de papier joseph, qui s'imbibent ainsi de *l'oléine* et abandonnent la *stéarine*. Dans le second qui s'applique spécialement aux graisses (968), on traite la graisse dans un matras, par sept à huit fois son poids d'alcool bouillant, et d'une densité de 0,791 à 0,798 ; on décante la liqueur au bout de quelque temps, on traite le résidu par du nouvel alcool, jusqu'à ce que toute la graisse soit dissoute. Chaque portion d'alcool laisse déposer, par le refroidissement, la stéarine, sous forme de petites aiguilles, et retient l'oléine, qui, en réduisant la dissolution à $\frac{1}{8}$ de son volume, se rassemble en une couche semblable à l'huile d'olive ; on la lave à l'eau (977), pour la dépouiller de toutes les particules alcooliques qu'elle peut retenir. On purifie de nouveau la stéarine par de nouvelles ébullitions dans l'alcool, et on purifie l'oléine par la congélation et l'expression comme ci-dessus, que l'on répète jusqu'à ce qu'on obtienne l'oléine fluide à — 4 degrés.

999. La *stéarine* est alors fusible à 44 degrés, peu soluble dans l'alcool froid, soluble dans 6,2 parties d'alcool bouillant d'une densité de 0,795, et cristallisant, par le refroidis-

sement, en aiguilles brillantes. L'oléine a l'aspect d'une huile, elle pèse 0,913, se dissout dans 31,3 p. d'alcool bouillant d'une densité de 0,816. Elles se comportent du reste, avec les bases et les réactifs, de la même manière que les corps gras d'où on les a extraites [1]. Elles se volatilisent dans le vide sans altération.

1000. Or, ces deux distinctions néologiques sont encore plus arbitraires que celles qu'on a voulu établir entre la bassorine et la gomme soluble. Car nous avons vu que la chaleur seule suffisait pour transformer les corps gras en un nombre indéterminé de produits, qui se multiplient à mesure qu'on prolonge l'expérience; or ici à l'action de la chaleur se joint celle de l'alcool, et puis l'action désorganisatrice de la congélation.

1001. En vertu de quel principe est-on autorisé à regarder l'oléine, comme obtenue à l'état de la plus grande pureté, quand, après des expressions suffisamment répétées, elle reste fluide à — 4 degrés? A-t-on essayé de reconnaître si, en continuant cette alternative d'ébullitions et de congélations, on ne l'amènerait pas à être fluide à — 4°, 5, — 5° et même — 6°? Quels noms prendra donc l'oléine à ces diverses phases? Mais quand elle n'est fluide qu'à zéro ou — 2°, à quoi doit-elle cette propriété? à un mélange de stéarine? mais à cette température, la stéarine se fige; d'où vient que pourtant l'oléine conserve encore toute sa limpidité? Si du reste à — 2° elle dissout encore de la stéarine, qui prouve qu'elle n'en tient pas en solution à — 4°?

1002. Enfin nous avons vu que les huiles tendent à absorber l'oxigène de l'air, et à perdre de leur fluidité en raison de la quantité de ce gaz qu'elles absorbent; qu'elles se transforment ainsi, pour ainsi dire, en tissus (970). Or cette transformation et cette absorption d'oxigène ayant lieu successi-

(1) Malgré le peu de fixité de ces caractères, M. Chevreul n'en était pas moins porté à considérer les stéarines des divers corps gras comme des espèces différentes.

vement et avec lenteur, on peut admettre que toutes les molécules des huiles ne subiront pas les effets de cette absorption à la fois, qu'à une certaine époque les unes seront plus oxigénées que les autres, et par conséquent moins fusibles et moins solubles dans l'alcool que les autres (969); et cela par des gradations entre lesquelles il serait tout aussi difficile de trouver de véritables lignes de démarcation qu'entre une série d'individus dont chacun aurait un an de moins que l'autre. Aussi, dès les premières opérations, on rencontre une assez grande partie de ces dégradations organiques; et si on finit par les ramener à deux types extrêmes, ce n'est qu'après les avoir soumises à l'influence des diverses causes d'altération, que nous avons mentionnées plus haut.

1003. En conséquence, au lieu de distinguer deux corps dans les huiles grasses et les graisses, on parviendrait peut-être à en distinguer aisément une vingtaine, en admettant, comme caractère spécifique, leur plus ou moins grande fluidité ou solubilité.

1004. Je ne serais pas éloigné de penser que l'huile traitée par l'alcool ne dût en partie les propriétés qui la rangent dans l'espèce oléine, à une certaine quantité de particules alcooliques qui resteraient en combinaison intime avec elle. Car si l'alcool a de l'affinité pour l'huile, il faut bien admettre aussi que l'huile a de l'affinité pour l'alcool, et que si l'alcool tend à s'emparer de l'huile, l'huile à son tour tend à retenir l'alcool et à s'opposer à sa volatilité, à lui communiquer enfin sa fixité. L'élimination de l'alcool par l'action de la chaleur serait le résultat de l'excédant d'intensité de l'action de la chaleur sur l'intensité de cette affinité chimique. Si, au lieu de la chaleur, on emploie, pour purifier les huiles, l'action des lavages à l'eau, il suffit de se rappeler les obser-

(1) Ces raisons, que nous n'avons cessé de développer dans nos divers écrits depuis plusieurs années, paraissent avoir convaincu Berzélius, qui avoue que rien ne prouve *que l'huile ne contienne pas plus de deux huiles.* (*Traité de chimie, trad.* pag 280, tom. V, Paris 1831.)

vations que nous avons déjà développées, pour rester convaincu que chaque globule oléagineux emprisonnera dans sa substance une certaine quantité de molécules alcooliques que l'eau ne saurait atteindre.

1005. Une expérience curieuse rapportée par Boerhaave vient à l'appui de cette opinion. « Il y a, dit-il, une méthode moins connue et plus pénible (que la saponification) pour faire que les huiles se mêlent à l'eau; aussi les artistes la regardent-ils comme un secret; elle consiste à faire digérer dans l'alcool, assez long-temps et suivant les règles de l'art, quelqu'une de ces huiles, qu'on appelle essentielles, et à mêler ensuite intimement le tout par plusieurs distillations réitérées; par-là la principale partie de l'huile est si fort atténuée et si bien confondue avec l'alcool, que ces deux liqueurs peuvent se mêler avec l'eau ». Ce que l'auteur dit des huiles essentielles aurait évidemment lieu avec les huiles grasses.

1006. Comme l'absorption de l'oxigène par l'huile a lieu d'une manière d'autant plus rapide que la saison est plus avancée et la température plus élevée, on est en droit d'assurer que l'opération dont nous parlons exigera plus ou moins de manipulations et fournira des produits plus ou moins variés, selon qu'on aura à opérer sur une huile plus ou moins âgée, obtenue par l'expression de fruits cueillis à une époque de l'année plus ou moins chaude, exposée, depuis plus ou moins long-temps, à l'influence de l'air atmosphérique, dans des vases plus ou moins bien fermés.

1007. Quant aux analyses élémentaires de l'oléine et de la stéarine, faites par le même auteur, elles présentent entre elles bien moins de différences que deux analyses d'un même corps gras faites par deux auteurs différens. On pourra s'en convaincre, en comparant les nombres consignés dans le tableau ci-dessus, et dans celui que nous allons donner plus bas pour ces substances supposées immédiates.

1008. La preuve de ce que nous avons avancé au sujet de

la fugacité des caractères de la stéarine et de l'oléine, c'est la dissidence que l'on remarque déjà entre les résultats obtenus par les expérimentateurs. Braconnot a retiré, de l'huile d'amande à—10°, 0,24 de stéarine fuisible à 6°, et 0,76 d'élaïne qui ne se congèle pas par le plus grand froid. Gusserow au contraire n'a pu en extraire la moindre trace de stéarine, en exprimant les amandes à—12°, plus fortement à — 4°, et enfin à quelques degrés au-dessus de zéro. Le premier auteur a remarqué qu'à — 6° l'huile d'olive dépose 0,28 de stéarine fusible à 20°, et laisse 0,72 d'élaïne. D'après Gusserow la stéarine fond à 10° quand on la laisse quelque temps exposée à cette température. Braconnot a reconnu encore que l'huile de navette se compose de 0,46 parties de stéarine fusible à 7°, 5, et de 0,54 d'élaïne qui conserve l'odeur de l'huile de navette.

GLYCÉRINE (738, 749).

1009. En appliquant les principes que nous venons d'exposer à la *glycérine*, telle que nous l'avons décrite, on n'aura pas, je pense, de peine à concevoir cette substance comme un mélange, en proportions variables, de l'huile plus ou moins épurée, et du sucre qui se sera formé aux dépens d'une portion de la masse, par l'action de la base avec laquelle on l'a traitée à chaud. Cette portion de la masse huileuse se sera transformée en sucre, en s'associant à la quantité d'oxigène qui lui manque pour représenter, avec l'hydrogène qu'elle possède, un volume d'eau. Quant à sa solubilité dans l'eau et dans l'alcool, il est permis de l'attribuer, pour la portion oléagineuse, à la présence d'un acide formé dans le cours de l'opération (977)[1], ou peut-être à

(1) On pourrait objecter que cette substance n'offre pas de traces d'acidité; mais aux observations que nous avons déjà plusieurs fois faites à cet égard, nous pouvons ajouter une expérience de Chevreul même. L'huile de marsouin, qui est acide, traitée par la magnésie, semble avoir perdu son acidité, même après avoir été dissoute dans l'alcool étendu; mais par la distillation l'alcool abandonne une substance qui rougit sensiblement le tournesol.

une simple suspension. Voyez de plus ce que nous avons dit sur le moyen de rendre les huiles essentielles également solubles dans l'eau et dans l'alcool (1005).

CÉTINE (Chevreul).

1010. On obtient la cétine du blanc de baleine par l'ébullition dans l'alcool et le refroidissement. Elle se dépose en lames cristallines en apparence : elle est fusible à 49°. Dans le vide elle se volatilise comme la stéarine, et se dissout dans 40 parties d'alcool bouillant. La principale différence de la cétine et de la stéarine consiste dans la fusibilité de l'une à 44° et de l'autre à 49°. Une autre différence a été signalée par l'auteur : c'est la formation, par la saponification, outre les acides dont nous traiterons plus bas, de 36 sur 64 d'une substance qui rentre en fusion à 48°, et que l'auteur a nommée *Éthal*, des deux syllabes initiales de l'éther et de l'alcool, à cause que l'hydrogène bicarboné de cette substance étant égal à celui de chacun des deux autres, la quantité d'eau qui équivaut à ses 6,289 d'oxigène combiné avec 1,321 d'hydrogène est, à l'égard des quantités d'eau qu'on peut considérer comme associées à l'hydrogène bicarboné de l'éther et de l'alcool, dans le rapport simple des nombres 1,4,8. On voit que l'étymologie de ce nom un peu bizarre dérive d'un jeu d'esprit plutôt que d'un caractère inhérent à la substance.

CHOLESTÉRINE (Chevreul).

1011. On l'obtient, comme la substance précédente, par le refroidissement de la solution alcoolique des calculs biliaires de l'homme. Elle ne fond qu'à 137° ; 100 grammes d'alcool bouillant ayant une densité de 0,816 en dissolvent 18 grammes. Or, la bile n'étant qu'un savon à base de soude, mêlé à de la résine, on s'expliquera la résistance de ce corps gras à l'action de la chaleur, par une altération profonde produite sur les principes de la graisse, sous l'in-

fluence successive de la saponification et de l'action des organes. L'huile de noix, abandonnée au contact de l'air, finit par acquérir et cette solidité et ce peu de fusibilité.

PHOCÉNINE (1009[1]) Chevreul).

1012. On dissout à chaud 10 parties d'huile de marsouin dans 9 parties d'alcool d'une densité de 0,797 ; on décante, et l'on soumet la liqueur alcoolique à la distillation. On sature le residu acide par du carbonate de magnésie. On traite de nouveau l'huile désacidifiée par de l'alcool faible et froid qui s'empare de la *phocénine* proprement dite. C'est une huile très fluide à 17°, d'une densité de 0,954, exhalant une odeur faible et indéterminable.

1013. Cette phocénine, congelée et traitée par le papier Joseph, ne se serait-elle pas séparée en deux ou plusieurs autres substances, dont les unes fusibles à une plus basse température et les autres à une plus haute ? je suis porté à le croire.

BUTYRINE (Chevreul) (856).

1014. La butyrine s'obtient de la manière suivante. On fond le beurre frais à une température de 60° ; on décante dès que le lait de beurre a gagné le fond du vase ; on la jette sur un filtre entre deux fourneaux, et on l'agite avec de l'eau à 40°. On décante et on filtre de nouveau. On tient plusieurs jours le beurre à une température de 19°, pour en séparer la stéarine, qui se précipite sous forme de petits grains en apparence cristallisés. On décante, on mêle cette huile dans un ballon avec un poids égal d'alcool à 0,796 de densité, et à une température de 19° ; on agite le mélange de temps en temps ; après vingt-quatre heures l'alcool est décanté et la partie indissoute mise de côté. On soumet la solution alcoolique à une distillation ménagée, on obtient pour

résidu une huile acide, qu'on sature par du carbonate de magnésie. On enlève le nouveau sel de magnésie au moyen de l'eau; on fait chauffer la matière restante avec de l'alcool, et on fait évaporer celui-ci pour avoir la butyrine pure.

1015. Dans cet état la butyrine est très fluide à 19°, d'une densité de 908, ne se coagulant guère qu'à 0°, et dont l'odeur rappelle le beurre chaud.

1016. Mais l'auteur fait remarquer que cette butyrine est presque toujours jaunâtre, couleur qui, d'après lui, ne lui est pas essentielle, puisqu'il y a des beurres qui fournissent une butyrine incolore. Or, si la butyrine peut renfermer une matière colorante étrangère à son essence, on peut supposer qu'elle dissolve aussi plusieurs autres substances et même des sels. Son odeur pourra même lui être étrangère; et alors qui nous empêche de la considérer comme une huile ordinaire, ou bien de l'oléine mélangée?

1017. Quant à moi je n'y vois pas d'autre différence. Remarquez que l'huile du beurre est acide. Or un acide communique à une huile la propriété de se dissoudre à froid dans l'alcool. Dans le procédé de l'auteur, l'alcool, au lieu de séparer deux huiles différentes, pourra bien ne faire qu'enlever toute la portion huileuse que l'acide est dans le cas de rendre soluble. Aussi, lorsqu'il a saturé l'acide par de la magnésie, l'auteur se trouve dans la nécessité de traiter la butyrine à chaud.

Hircine (*Chevreul*).

1018. L'hircine s'obtient des graisses de bouc et de mouton. D'après Chevreul elle forme le suif par son mélange avec l'oléine. Du reste son unique caractère est de donner par la saponification un acide que l'auteur nomme *hircique*.

1019. Composition élémentaire de quelques-unes de ces substances (971) :

	Carbone.	Oxig.	Hydr.	Azote	
Stéarine de mouton........	78,776	11,770	9,454	.....	Chevreul.
Stéarine d'huile d'olive.....	82,170	11,232	6,302	0,296	Th. Saussure.
Oléine de porc..........	79,350	11,090	9,560	.....	Chevreul.
Oléine de mouton.........	79,030	11,422	9,548	.....	*Id.*
Cholestérine.............	84,068	12,018	3,914	....	Saussure.
	85,095	11,880	3,025	.....	Chevreul.
Ethal....................	79,766	13,945	6,289	.....	*Id.*

1020. Ces nombres amènent à la même conséquence que ceux que fournissent les analyses des corps gras avant toute manipulation (970); c'est que leur solidité à la température ordinaire est en raison directe de la quantité d'oxigène qu'ils possèdent. Ainsi la cholestérine, substance que l'altération a rendue la moins fusible de toutes, ne possède que 3 environ d'oxigène sur 12 d'hydrogène, tandis que l'oléine en possède 9 sur 11 d'après Chevreul, et 6 sur 11 d'après Saussure.

§ 8. Produits acides de l'altération des corps gras par la saponification alcaline.

1021. Il est indubitable que l'action des acides concentrés, et surtout celle des bases caustiques, métamorphose la substance grasse en acides de diverses espèces (oxalique, malique, carbonique et, sans aucun doute, acétique), qui tous peuvent rester dissous dans les huiles ou être emprisonnés par les molécules des graisses (985). Une fois ce fait admis, il eût été rationnel de chercher à éliminer ces divers acides de la substance grasse saponifiée, avant de se prononcer sur ses caractères distinctifs; et si les caractères distinctifs de la substance saponifiée ne diffèrent de ceux de la même substance avant sa saponification que par l'acidité, l'analogie imposait l'obligation de ne regarder cette dernière propriété que comme un caractère accessoire et tout-à-fait étranger à la nature de la substance grasse elle-même; il était encore rationnel de penser que l'acide dont on se sert pour saturer la base du savon peut rester en grande partie dans la sub-

stance grasse et lui communiquer une acidité artificielle (1008). Or, ces inductions si rationnelles auraient été adoptées, sans difficulté, par l'ancienne chimie organique, celle du temps des Macquer, Baumé, Boerrhave, etc. Mais dominé par les belles découvertes qui venaient de changer la face de la chimie inorganique, Berthollet manifesta l'opinion que la saponification par les alcalis pourrait bien n'être autre chose qu'une combinaison atomistique d'un acide avec une base. Cette parole tombée de la bouche toute-puissante de Berthollet fut recueillie par Chevreul; et elle nous a valu un assez long catalogue de principes immédiats neutres (997) ou acides. Il nous reste à examiner ceux-ci.

Acides stéarique, margarique et oléique.

1022. Ces trois acides sont, en même temps que la glycérine, d'après Chevreul, le produit de la saponification de 100 p. de graisse de mouton, de porc ou de bœuf, par 25 parties de potasse caustique et 100 d'eau, exposées à une température de 100°, jusqu'à ce que le savon soit achevé. On le sépare alors, et on le met en contact à froid avec le double de son poids d'alcool d'une densité de 0,822 qui dissout, en 24 heures, l'oléate de potasse et attaque à peine le margarate et le stéarate. On sépare ensuite le margarate du stéarate, en faisant bouillir la masse attaquée par l'alcool froid, dans l'alcool bouillant, et cela à plusieurs reprises; le margarate finit par rester tout entier dans l'alcool, et le stéarate s'en précipite à chaque refroidissement.

1023. On isole alors chacun de ces trois acides, au moyen de l'acide hydrochlorique qui s'empare de la potasse. On trouve les acides margarique et oléique tout formés dans le gras des cadavres.

1024. L'acide oléique diffère des deux autres par les mêmes caractères physiques qui distinguent l'oléine de la stéarine (997). Il a une légère odeur rance; il se fige à quelques degrés au-dessous de zéro. Sa densité est de 0,898 à 19°; l'eau ne le dissout pas SENSIBLEMENT. L'alcool

d'une densité de 0,822 le dissout au contraire en toutes proportions.

1025. L'acide stéarique diffère spécialement de l'acide margarique en ce que le premier est fusible à 70° et que le second l'est à 60°. Ils sont tous les deux insolubles dans l'eau, mais très solubles dans l'alcool et dans l'éther.

1026. Ces trois acides forment avec les bases des sels, solubles avec la potasse et la soude, et insolubles avec la chaux, strontiane, baryte, etc.

1027. L'emploi de l'acide hydrochlorique dans ce procédé d'extraction suffirait pour expliquer la faible acidité qui distingue ces acides de l'oléine et de la stéarine, s'il n'était pas démontré que l'action de la potasse sur les matières organiques détermine la formation d'acides déjà connus sous d'autres noms (985). L'acide oléique à mes yeux n'est donc que la partie huileuse tenant en dissolution un acide quelconque, et les acides stéarique et margarique ne sont que deux portions moins fusibles l'une que l'autre de la partie graisseuse du suif, mêlées, comme le premier acide, à une certaine quantité d'un acide étranger.

ACIDE PHOCÉNIQUE. (Chevreul.)

1028. En traitant, comme ci-dessus, par les alcalis, l'huile de marsouin ou celle de dauphin, on obtient de l'acide oléique, de l'acide margarique et de l'acide phocénique à l'état de sels alcalins. On sature la base par un excès d'acide tartrique ou phosphorique ; l'acide phocénique reste dissous dans l'eau que l'on décante, que l'on filtre et qu'on soumet à la distillation. L'acide phocénique se volatilise ainsi que l'eau. On sature le produit par de l'hydrate de baryte que l'on dessèche, et que l'on décompose ensuite en sulfate de baryte et en acide phocénique, au moyen de 33,4 parties d'acide sulfurique étendu de 33,4 d'eau, sur 100 parties de sel.

1029. Cet acide se distingue de l'acide oléique parce qu'il est soluble dans 18 parties d'eau, que sa densité à 28° est de 0,932, que son odeur est celle de l'*acide acétique* et du BEURRE FORT, que sa saveur rappelle CELLE DE LA POMME REINETTE, et que sa capacité de saturation pour les bases paraît être trois fois aussi grande que celle des acides stéarique, margarique et oléique.

1030. On le trouve libre en petite quantité dans les baies du *viburnum opulus*, uni à l'oléine dans l'huile de marsouin, uni à l'oléine et à la cétine dans celle du dauphin.

1031. Ici la présence d'un acide étranger, d'un mélange assez considérable d'acide acétique et d'acide malique combiné à la substance odorante, paraît d'une évidence incontestable par la saveur et par l'odeur de cette huile.

ACIDES BUTYRIQUE, CAPROÏQUE ET CAPRIQUE. Chevreul (840)

1032. On obtient ces trois acides simultanément, en traitant le beurre par le même procédé que l'huile de marsouin (1028). La glycérine résulte encore de l'opération. On soumet à la distillation le savon traité par l'acide tartrique; les trois acides gras passent dans le récipient. On les sature avec de la baryte, et on sépare les trois sels, en se fondant sur ce que 100 parties d'eau dissolvent 36 parties de butyrate à 10°;8 de caproate à 10°, 5; 0,5 de caproate à 20°; on isole ensuite chacun d'eux au moyen de l'acide sulfurique et dans les mêmes proportions que ci-dessus (acide phocénique).

1033. L'acide butyrique, qui existait déjà libre en petite quantité dans le beurre, est liquide à 9°, semblable à une huile volatile; sa densité est de 0,9675 à 10°. Son odeur est analogue à celle de l'acide phocénique, et sa saveur laisse un arrière-goût douceâtre.

1034. L'acide caproïque ne s'en distingue que par un arrière-goût douceâtre plus prononcé et par une densité de 0,922 à 26°;

1035. L'acide caprique ne se liquéfie qu'à 18°. Il a la même

odeur que l'acide caproïque qui se rapproche en même temps un peu de celle du bouc. Ces trois acides se dissolvent en toutes proportions dans l'alcool.

1036. De l'acide acétique, du sucre, une substance odorante, mêlés à de l'huile plus ou moins soluble par l'action de la chaleur et celle des acides (1009[1]), c'est là incontestablement toute l'origine de ces acides, dont les différences tiennent à si peu de chose. En admettant de tels caractères comme spécifiques, le beurre doit fournir, je ne crains pas de l'assurer, un plus grand nombre d'acides.

Acide hircique (Chevreul.)

1037. Produit de l'action des alcalis sur les graisses de bouc et de mouton (970); liquide à zéro, volatil, ayant l'odeur DE L'ACIDE ACÉTIQUE et CELLE DU BOUC, peu soluble dans l'eau, très soluble dans l'alcool, mais du reste très peu étudié.

Acides margaritique, ricinique et élaïodique (Bussy et Lecanu); stéaro-ricinique, ricinique et oléo-ricinique (Berzélius).

1038. L'acide margaritique entre en fusion à 130°, passe en grande partie sans altération à la distillation. Il est insoluble dans l'eau, soluble dans l'alcool bouillant, d'où il se précipite par le refroidissement en écailles nacrées. Sa combinaison avec la magnésie est insoluble dans l'alcool.

1039. L'acide ricinique, produit de la saponification de l'huile de ricin, est fusible à 22°, peu altérable par sa volatilisation, insoluble dans l'eau, très soluble dans l'alcool et dans l'éther, rougit fortement le tournesol, décompose les carbonates à chaud. Les sels qu'il forme avec la magnésie et le plomb sont très solubles dans l'alcool et insolubles dans l'eau. On l'obtient aussi de l'huile de ricin par la distillation à 265°; qui produit un liquide composé d'eau, D'ACIDE ACÉTIQUE, d'huile volatile, d'acide ricinique et d'acide élaïo-

dique. Le résidu, chauffé avec de l'eau, laisse dégager de l'huile volatile ; on le combine avec $\frac{1}{10}$ de magnésie caustique, et il forme une combinaison saline qu'on dissout dans 4 p. d'alcool à 36°. La dissolution dépose, par une évaporation spontanée, du ricinate de magnésie qu'on décompose par l'acide hydrochlorique.

1040. L'acide élaoïdique ne s'en distingue que parce qu'il ne se fige qu'à plusieurs degrés au-dessous de zéro.

1041. On voit dans toutes ces découvertes, qu'en admettant simple mélange d'acide, qui dans cette circonstance pourrait bien n'être que de l'acide acétique (1040), avec l'huile employée, tout se réduit toujours à obtenir une portion plus fluide et plus soluble que l'autre (1000).

ACIDES CÉVADIQUE et CROTONIQUE (Pelletier et Caventou, Brandes.)

1042. Produits de la saponification, le premier de l'huile de la graine de *Veratrum cebadilla*, le second de l'huile de *Croton tiglium*. Ces acides étant très volatils, on suit, pour leur extraction, les mêmes procédés que pour les acides phocénique et butyrique (1032).

1043. L'acide cévadique se sublime en aiguilles blanches, nacrées, qui entrent en fusion à la température de 20° et répandent l'odeur du beurre rance (974); il est soluble dans l'eau, l'alcool et l'éther (977). Le sel ammoniacal fait naître un précipité blanc dans une dissolution de sels à base de fer.

L'acide crotonique se congèle à — 5°; il se volatilise à quelques degrés au-dessus de zéro, en répandant une odeur pénétrante, nauséabonde, qui irrite le nez et les yeux ; il agit comme poison.

§ 9. Produits acides de la saponification par les acides (976).

ACIDE CHOLESTÉRIQUE. (Pelletier et Caventon).

1044. On chauffe la cholestérine (1011) avec son poids d'a-

cide nitrique concentré ; il se dégage beaucoup de GAZ OXIDE D'AZOTE ; et la liqueur, par le refroidissement, et surtout par une addition d'eau, laisse déposer une matière jaune, qui est l'acide cholestérique impur et imprégné D'ACIDE NITRIQUE. On le purifie ou par plusieurs lavages à l'eau bouillante (1004), ou en le faisant fondre dans l'eau chaude, y ajoutant une petite quantité de carbonate de plomb, faisant bouillir le tout pendant quelques heures, décantant et renouvelant l'eau de temps en temps, desséchant la masse, la mettant en contact avec l'alcool, et faisant évaporer la dissolution alcoolique ; le résidu que l'on obtient est de l'acide cholestérique le plus pur possible.

1045. Il est d'un JAUNE ORANGÉ ; il fond à 58° ; très soluble dans l'alcool, dans les éthers sulfurique et acétique, dans les huiles volatiles, insoluble dans les huiles fixes, insoluble dans les acides et presque entièrement dans l'eau, qui en dissout POURTANT ASSEZ pour rougir le tournesol.

1046. Je me contenterai de rappeler ici ce que j'ai dit plus haut relativement à l'action de l'acide nitrique sur les corps gras (981), et à la difficulté, et je dirai même, à l'impossibilité d'enlever à un de ces corps les divers acides que cet acide minéral y a fait naître.

1047. La chimie nous menace de la création d'un nouvel acide qui serait le produit de l'action de l'acide nitrique sur le suif ; mais cet acide n'existe encore que comme simple présomption.

§ 10. Produits acides de la distillation des corps gras.

1048. Par la distillation du suif on avait d'abord obtenu un acide sébacique, qui fut reconnu plus tard comme un simple mélange d'acide acétique, ou de l'acide hydrochlorique employé, et de graisse altérée. Thénard en découvrit un autre par le même procédé, et auquel il conserva le même nom. Il traitait le produit acide par de l'acétate de plomb qui précipitait l'acide sébacique à l'état de sebate. Il s'empa-

rait du plomb à l'aide de l'acide sulfurique, lavait l'acide sébacique jusqu'à ce que l'eau ne précipitât plus le nitrate de baryte (978). Berzélius ne considère cet acide que comme un mélange d'acide benzoïque et d'acide oléïque. C'est là toute la chimie organique. L'un fait, l'autre défait pour refaire à son tour, et les nombreuses méprises ne servent de leçon à personne.

1049. Dupuy, Bussy et Lecanu ont reconnu que, par la distillation du suif, il se formait dans le récipient des acides stéarique, oléique et sébacique. Ces deux derniers ont constaté de plus que le produit de la distillation se compose d'hydrogène carboné, d'oxide carbonique, d'acides ACÉTIQUE, CARBONIQUE, d'une huile odorante, d'une huile empyreumatique, d'une matière particulière, odorante, très volatile, soluble dans l'eau, et enfin d'un faible résidu de charbon. Chevreul a obtenu de l'acide phocénique par la distillation de la phocénine (1012), et de l'acide butyrique par celle de la butyrine (1014).

1050. J'ai déjà fait remarquer (994) que les anciens avaient déjà obtenu des résultats au moins analogues, mais qu'ils avaient eu du moins le bon esprit de ne pas donner à ces divers produits des noms qui ne font que masquer notre ignorance, ou qui nuisent aux progrès ultérieurs de la science, par cela seul qu'ils imposent, à la hardiesse de l'observateur, la nécessité de n'avancer vers le vrai, qu'en blessant l'amour-propre des créateurs de la nomenclature.

§. II. Cristallisation de ces acides et de leurs sels.

1051. La cristallisation des uns et des autres se fait en lames rayonnées, dont il serait impossible de bien déterminer la figure, et qui n'offrent aucun caractère bien distinct.

1052. Or j'ai observé que les corps gras ne s'opposent nullement à la cristallisation des sels, quoiqu'ils en altèrent et les formes et quelquefois la limpidité; ainsi voulant reconnaître la présence du fer dans une substance grasse qui s'était orga-

nisée à l'air sur la surface d'une eau chargée de sulfure de fer, je le déposai dans le prussiate ferruré de potasse aiguisé d'acide hydrochloriqne ; quelques jours après il se précipita d'assez jolies cristallisations parsemées de points bleus, qui fondaient à une très haute température, et, par le refroidissement, imitaient un savon marbré de rouge ; la potasse les décolorait et isolait la substance grasse sous forme de flocons blancs. Les acides concentrés (phosphorique, hydrochlorique, sulfurique) ne les altéraient pas, au moins d'une manière sensible. C'étaient des prismes à six pans à pyramide très allongée, et dont la plupart atteignaient jusqu'à un millimètre de long (973).

1053. Or ces acides, que nous avons déjà considérés (1041) comme un mélange de la substance grasse plus ou moins altérée, ou plus ou moins organisée, avec un acide déjà connu dans les catalogues sous un autre nom, ces acides, dis-je, pourraient bien être encore un mélange acide de la substance grasse avec des sels dont, sans s'exposer à aucune méprise grossière, on peut admettre la présence dans les huiles et dans les graisses.

§ 12. Composition élémentaire de ces mélanges acides.

	Carbone.	Hydrog.	Oxig.	
Acide stéarique....	80,145...	12,478...	7,377...	Chevreul.
—— margarique..	79,053...	12,010...	8,937...	*Id.*
—— oléique.....	80,942...	11,359...	7,699...	*Id.*
—— phocénique..	66,390...	7,580...	26,030...	*Id.*
—— butyrique...	62,417...	6,998...	30,585...	*Id.*
—— caproïque...	68,692...	8,869...	22,439...	*Id.*
—— caprique....	74,121...	9,757...	16,142...	*Id.*
—— margaritique.	70,500...	10,910...	18,590...	Bussy et Lecanu.
—— ricinique...	73,560...	9,860...	16,580...	*Id.*

1054. En comparant ce tableau avec celui des corps gras (970) et de leurs produits neutres (1019), on voit que les nombres en sont presque équivalens, et que si, par la saponification, quelques-uns d'entre eux sont devenus plus fusibles et plus solubles dans l'alcool (972), c'est en s'enrichissant d'une nouvelle quantité d'oxigène.

§ 13. Diverses espèces d'huiles et de graisses.

1055. Il est constaté que les huiles et les graisses à l'état fluide sont susceptibles de dissoudre des gaz, des sels [1], des substances organiques de diverses espèces. Or, lorsqu'on extrait les huiles des semences végétales ou des organes animaux, il est impossible qu'on n'exprime pas en même temps les sels et autres substances qui se trouvent dans les mêmes régions que l'huile, qu'on ne les mette pas forcément en contact avec celle-ci, et que par conséquent on n'en facilite pas le mélange; tout porte à croire que ces sortes de mélanges ont lieu naturellement dans les organes de la plante, sous l'influence des lois de la végétation.

1056. Mais, une fois ces considérations admises, ne doit-on pas admettre la conséquence qui en découle, savoir que les différences spécifiques des huiles doivent être attribuées à la nature des substances étrangères qu'elles tiennent en dissolution? Sans cette hypothèse les propriétés caractéristiques des huiles sont inexplicables. Comment concevoir en effet que des substances, dont l'analyse élémentaire offre si peu de différences, et peuvent toutes être considérées comme une combinaison de plus ou moins d'hydrogène carboné et d'eau, exercent sur l'économie animale des effets si divers que les unes sont alimentaires et les autres des poisons ou des drastiques plus ou moins violens?

1057. Quelques auteurs ont soupçonné l'existence de mélanges semblables dans certaines huiles du commerce. Ainsi Soubeiran a tenté de prouver que les qualités purgatives de l'huile de ricin proviennent d'une résine âcre, qu'il a extraite en saponifiant par la potasse, précipitant par la chlorure de chaux ou la chaux, et traitant le précipité par l'alcool bouillant qui l'abandonne en refroidissant. On évapore: on traite le résidu par l'éther qui dissout la résine, sans toucher

(1) On aurait tort de penser que ces sels se retrouvent tous par l'incinération, et que ces substances ne puissent pas contenir des sels ammoniacaux (440), quoique leur analyse élémentaire n'offre pas de trace d'azote. L'analyse élémentaire laisse échapper bien d'autres choses.

au savon. Mais on lui a objecté qu'il n'avait point constaté, par l'expérience, les vertus laxatives de la substance extraite par l'éther. On avait attribué encore en France les propriétés de l'huile de ricin à une substance âcre contenue dans les semences; mais Guibourt a combattu cette opinion en disant que cette substance est si volatile qu'elle s'échappe à la température nécessaire pour extraire l'huile soit par expression, soit par ébullition dans l'eau. Cette raison doit paraître de bien peu de valeur, si nous voulons nous rappeler que l'acide acétique cesse, à une certaine époque, de se volatiliser par la chaleur, lorsqu'il est uni à la portion la moins phosphatée de l'albumine. Il est donc possible qu'une portion de cette substance âcre cesse de se volatiliser, à cause d'une association plus intime avec l'huile.

1058. L'analogie doit donc porter nécessairement à admettre que toutes les huiles sont identiques, que leurs différences dans la couleur, l'odeur, les propriétés médicales et autres ne proviennent que des substances étrangères qui leur sont associées; que leurs caractères distinctifs réels et inhérens à leur composition élémentaire consistent dans le plus ou moins de fluidité et de solubilité dans l'alcool, à cause de la plus ou moins grande proportion d'oxigène qu'elles renferment (973).

1059. La chimie doit aujourd'hui travailler non pas seulement à constater les autres différences, mais à en reconnaître la cause, et à en reproduire artificiellement les effets. Le principal résultat de cette étude philosophique sera de faire disparaître, du catalogue de la science, cette longue liste d'espèces et de variétés, que le plus mince travail enrichit encore chaque jour d'un nouveau nom.

1060. Les bornes de cet ouvrage ne me permettent pas de me livrer à un examen critique de toutes ces créations; il me suffira de présenter, dans un tableau comparatif, les caractères les plus saillans des espèces d'huiles et de graisses les plus répandues dans le commerce.

HUILES VÉGÉTALES.

1° *Huiles siccatives.*

…E	EXTRAITE des semences du	S'ÉPAISSIT à	SE SOLIDIFIE à	PESANTEUR spécifique à +12°.	COULEUR.	ODEUR.	SAVEUR.	UNE PARTIE d'alcool en dissout, à froid.	à chaud.	QUANTITÉ de stéarine.	PROPRIÉTÉS médicales, etc.
	Linum usitatissimum.	— 20°	— 27°,5	0,9395	jaune clair	particulière	particulière	0,025	0,2	assez grande	plus siccative que celle de lin.
	Juglans regia.	— 15°	— 27°,5	0,9283	verdâtre	nulle	agréable	....	....	....	sert à l'éclairage[2], les vernis, le savon vert.
…is.	*Canabis sativa.*	— 15°	— 27°,5	0,9276	jaune verdâtre	désagréable	fade	0,033	1		
.	*Papaver somniferum.*	— 2°	— 18°	0,9243	verdâtre	nulle	d'huile d'olive	0,04	0,166	....	alimentaire.
	Ricinus communis.	....	— 18°	0,9699	jaune ou incol.	*Id.*	fade	1	1	....	purgative (1056).
.	*Croton tiglium.*	....	....	....	jaune de miel	de jalap	âcre	0,66	....	....	purgative.
…one.	*Atropa belladonna.*	— 16°	— 27°,5	0,9250	jaune doré	nulle	fade	....	....	....	sert à l'éclairage et aux assaisonnem.[3].
	Nicotiana tabacum.	— 14°	....	0,9232	jaune verdâtre	*Id.*	*Id.*				
	Helianthus annuus.	....	— 16°	0,9262	jaune clair	agréable	*Id.*	....	....	....	peut servir à l'éclairage et aux alimens.
	Pinus abies.	— 15°	— 27°,5	0,9285	jaune doré	térébenthine	résineuse				
	Pinus sylvestris.	— 27°	— 30°	0,9312	jaune brunâtr.	*Id.*	*Id.*				
	Vitis vinifera.	....	— 16°	0,9202	jaune clair	nulle	fade				

2° *Huiles non siccatives.*

…E	EXTRAITE des semences du	S'ÉPAISSIT à	SE SOLIDIFIE à	PESANTEUR spécifique à +12°.	COULEUR.	ODEUR.	SAVEUR.	à froid.	à chaud.	QUANTITÉ de stéarine.	PROPRIÉTÉS médicales, etc.
…e.	*Amygdalus communis.*	....	+ 10°	0,9180	jaune clair	nulle	agréable	....	....	0,24 (1007)	
	Olea Europæa.	+ 4°	— 6°	0,9192	jaune verdâtre	*Id.*	*Id.*	....	....	0,28 (*ibid*)	
…e.	*Brassica napus.*	....	— 3°,75	0,9128	jaune	particulière	*Id.*	....	....	0,46	
	Brassica campestris.	....	— 6°,25	0,9136	*Id.*	*Id.*	plus agréable	....	....	....	sert à l'éclairage, sans purification.
…rien.	*Sinapis nigra.*	....	....	0,9170	*Id.*	nulle	fade	....	....	....	aux mêmes usages[4].
	[illegible]			0,9142							

HUILES ET GRAISSES ANIMALES[1].

NOMS.	EXTRAITE du tissu adipeux de	LIQUIDE à	SOLIDE	COULEUR.	ODEUR.	SAVEUR.	PROPRIÉTÉS.
Axonge ou sain-doux.	Porc.	+ 27°	....	blanche	nulle	fade	
Suif	Mouton. Bœuf. Cerf. Bouc.	....	à la température ordinaire	*Id.*	*Id.*	nulle	sert à faire de la chandelle.
Beurre.	Lait des bêtes bovines	+ 60°	....	variable	particulière	un peu acide	alimentaire.
Huile de poisson.	Cétacés.	+ 16°	....	blanche ou rougeâtre	désagréable	*Id.*	sert à l'éclairage et à faire le savon vert.
Huile de pieds de bœuf.	Pieds de bœuf bouillis.	+ 16°	....	jaunâtre	nulle	*Id.*	sert au graissage des mécaniques.
Huile de dauphin.	*Delphinus* (dauphin et marsouin).	0°	à — 3°	jaune citron	du poisson et du cuir	*Id.*	sa densité est de 0,9178 à 20°.
Blanc de baleine.	*Physeter macrocephalus.*	44°	cassante à la température ordin.	blanche			

(1) D'après Chevreul, la graisse de porc se convertit, par la saponification, en acides stéarique, margarique, oléique, et en glycérine. Le suif est formé d'oléine, de stéarine, et d'une petite quantité d'hircine; le beurre, de stéarine, d'oléine, d'un principe colorant, d'un peu d'acide butyrique et de butyrine: l'huile de poisson, de stéarine, l'oléine, d'un principe odorant et colorant, et d'une matière blanche, concrète; le blanc de baleine, de beaucoup de cétine, et d'une certaine quantité d'une huile fluide à 18°.

§ 14. Applications industrielles.

1061. Extraction des corps gras. — On extrait les huiles végétales par expression, à la température ordinaire, et quelques-unes moins fluides à une température plus élevée; les graisses végétales par ébullition dans l'eau, et les graisses animales par la fusion et la filtration du tissu adipeux (409).

1062. La meilleure qualité d'huile d'olive se trouvant dans la drupe verte du péricarpe de ce fruit, il s'ensuit que la première pression donne l'*huile vierge*, que la seconde époque de la pression, celle qui écrase le noyau, donne une huile d'une qualité inférieure, et que la plus mauvaise huile enfin s'obtient en faisant bouillir le marc dans l'eau, procédé au moyen duquel toute l'huile qui n'a pu couler vient se réunir à la surface. On doit penser qu'entre ces trois intermédiaires il doit exister des nuances à l'infini, quoique peu appréciables dans le commerce; mais ces résultats tout mécaniques viennent à l'appui de ce que nous avons déjà dit au sujet des qualités distinctives des diverses huiles (1057). On ne peut extraire l'huile d'olive que des fruits parvenus à une complète maturité, ce qu'on reconnaît à la couleur noire du péricarpe et à sa consistance flasque et plissée; en les abandonnant quelque temps à une fermentation spontanée, on gagne en quantité ce que l'on perd en qualité.

1063. Purification des huiles. — Pour prévenir ou séparer le sédiment que déposent les diverses huiles dont on fait usage en économie domestique ou industrielle, on se sert de divers procédés.

1064. On purifie les huiles qu'on destine à l'éclairage, par 1 à 2 p. sur 100 d'acide sulfurique, qui en précipite une matière colorante verte.

1065. Les horlogers purifient l'huile d'olive, pour graisser les rouages délicats des montres, en y introduisant une lame de plomb dans une bouteille bouchée, qu'ils tiennent exposée au soleil. Peu à peu l'huile se couvre d'une masse

caséiforme, qui se dépose ensuite au fond du vase, et abandonne l'huile limpide. La théorie de ce phénomène rentre-t-elle peut-être dans l'ordre de celui qu'on a désigné par l'arbre de Diane. Les horlogers possèdent d'autres secrets pour diminuer l'épaisseur des huiles, et quelques-uns d'entre eux ont fait fortune en vendant à leurs confrères l'huile purifiée sous le nom d'*huile antique*. Peut-être la traitent-ils par la chaux et par une douce distillation (994).

1066. Sophistication des huiles comestibles. — On falsifie l'huile d'olive pour table avec de l'huile d'œillet, et l'huile destinée aux arts par l'huile de navette. Rousseau a proposé un moyen de reconnaître la sophistication, fondé sur ce que l'huile d'olive conduit l'électricité 675 moins bien que toute autre huile végétale. Il se sert, à cet effet, d'une pile galvanique dont un des pôles est mis en contact avec la terre et l'autre est susceptible d'être mis en communication, à l'aide d'un conducteur métallique, avec une aiguille faiblement aimantée et très mobile. On reconnaît la pureté ou l'impureté de l'huile d'olive, selon qu'une goutte placée sur le conducteur métallique s'oppose plus ou moins à la déviation de l'aiguille aimantée. Deux gouttes d'huile d'œillet quadruplent la conductibilité de 3 gros d'huile d'olive. On sait que l'eau ne devient conducteur d'électricité qu'au moyen des sels qu'elle tient en dissolution. En serait-il de même des huiles? Leur plus ou moins de conductibilité tiendrait-elle à la nature et à la quantité des sels qu'elles renferment?

1067. Éclairage. — L'huile liquide à la température ordinaire alimente les lampes. Les graisses de mouton, bœuf, etc. (suif 1059) sont moulées dans des cylindres traversés longitudinalement par une mèche en coton, et prennent ainsi le nom de chandelles. On avait beaucoup trop compté sur les applications que l'industrie serait dans le cas de faire des derniers travaux sur les graisses (997). Les auteurs s'étaient empressés de se munir de brevets d'invention, et de créer

des compagnies d'actionnaires. Mais les résultats ont trahi d'aussi belles espérances; les produits altérés des manipulations du laboratoire flattaient le regard, mais ne donnaient point de flamme, et il est certain que l'industrie a plus servi l'art de l'éclairage que la science. Au moyen de certains mélanges, soit d'alun, soit de blanc de baleine, on a obtenu des bougies qui brûlent aussi bien que le suif, et sont plus consistantes.

1068. L'huile de colza est celle qui, sans aucune purification préalable, donne le moins de fumée. L'huile de noix est celle qui en donne le plus.

1069. PEINTURE et IMPRESSION. — L'huile de noix étant plus siccative que l'huile de lin, s'emploie pour les peintures fines. L'huile de lin est d'un usage plus commun; on s'en sert pour les vernis et les couleurs à l'huile, et pour l'encre d'imprimerie. On obtient le vernis en faisant bouillir, 3 à 6 heures, de l'huile de lin dans un pot verni [1]. On y ajoute, par 2 litres d'huile, $\frac{1}{2}$ à 1 once de litharge en poudre fine, et $\frac{1}{4}$ d'once de sulfate de zinc. On prépare l'encre des imprimeurs en faisant bouillir l'huile jusqu'à ce que la vapeur devienne épaisse et fétide. Pendant ce temps, on y plonge un chapelet de morceaux de pain desséché [2], afin, dit-on, que l'encre que l'on prépare ne jaunisse pas le papier. Après une ébullition suffisante, on retire la chaudière, on la découvre, on l'enflamme, en y tenant un copeau allumé dans la vapeur d'huile, on la laisse brûler pendant 8 minutes en la remuant sans cesse, on éteint la flamme en couvrant le pot, que l'on refroidit rapidement en l'enfonçant dans la terre. On y ajoute ensuite du noir de fumée bien calciné. Ce procédé grossier se ressent de l'enfance de l'art; le ré-

(1) Sans le vernis de la poterie, l'huile passerait à travers les pores de l'argile.

(2) L'effet de ce pain desséché ne serait-il pas d'absorber et les gaz acides et l'eau qui se forme, pendant cette combustion, et qui resteraient, sans ce moyen, mélangées en plus ou moins grande quantité à l'huile?

sultat de l'opération est évidemment de faire subir à l'huile une altération profonde, que la chimie n'a pas encore cherché à étudier.

1070. L'huile de lin conservée dans une bouteille à moitié pleine épaissit, se dessèche moins vite, est beaucoup plus soluble dans l'alcool (1002) que l'huile fraîche, et rend alors les vernis moins cassans.

1071. Pour les blancs de plomb et les couleurs claires, on se sert, sans la faire bouillir, de l'huile de lin avec de la litharge.

1072. Savons. — Nous avons distingué les savons en savons solubles et savons insolubles. On produit ces derniers par double décomposition. C'est là ce qui rend impropres au savonnage les eaux séléniteuses, telles que les eaux de puits creusés dans les terrains dits tertiaires ou dans les terrains secondaires gypseux ; car il se produit alors du sulfate de potasse ou de soude et un savon insoluble à base de chaux, qui se précipite en flocons blancs. Pour se servir de ces eaux, on les fait préalablement bouillir, jusqu'à ce que tout le sulfate et le carbonate de chaux qu'elles tenaient en solution, à l'aide de l'acide carbonique, ait été précipité par suite de l'évaporation de ce gaz.

1073. On divise les savons solubles en trois espèces ; les savons durs ou savons blancs, les savons mous verts et les savons mous noirs.

1074. *Le savon dur* se prépare dans le midi de la France avec de l'huile d'olive de qualité inférieure et de la soude ; dans le nord de l'Europe, où l'huile d'olive manquerait, on la remplace par la graisse animale. On saponifie le corps gras par l'ébullition, au moyen d'une lessive de soude rendue caustique par la chaux, mais d'abord faible et ensuite plus concentrée. Le savon vient se réunir à la surface du liquide ; on fait tomber le feu, on soutire la partie liquide par un tuyau nommé l'épine, qui se trouve placé au bas de la chaudière, de manière à mettre le savon presque à sec. On verse

successivement de nouvelles lessives concentrées, on rallume le feu, et on arrête la cuisson, quand la lessive est parvenue à 1,150, ou à 1,200 de pesanteur spécifique; on remet le savon à sec; dans cet état il est bleu foncé tirant sur le noir, à cause de l'oxide de fer sulfuré qui se mêle au savon ou plutôt qui sert de base à une partie de l'huile.

1075. Pour convertir ce savon *en savon blanc*, que l'on désigne dans le commerce par savon en table, on le fait délayer dans des lessives faibles; le savon noirâtre n'étant pas soluble dans le savon à cette température, se dépose au fond de la chaudière. On puise alors la pâte du savon qui est devenue absolument blanche, et on la coule dans des *mises* (moules), où elle se prend en masse par le refroidissement.

1076. C'est le savon qu'on emploie de préférence pour les blanchissages les plus fins.

1077. Pour transformer le savon bleu noir, non en savon blanc, mais en *savon marbré*, on ajoute à la masse bouillante assez d'eau pour que le savon ferrugineux se sépare de la pâte blanche et se réunisse en veines plus ou moins grandes, et on le coule ensuite dans les mises en le refroidissant rapidement. C'est un effet tout mécanique, une espèce de refoulement.

1078. Les *savons mous* se préparent avec de la potasse et l'huile de chenevis ou le suif. La préparation de ces savons diffère de celle des savons durs, en ce qu'au lieu de séparer le savon de la lessive, on continue au contraire le feu pour donner au savon la consistance convenable, et on le coule dans des tonneaux, pour être ainsi livré au commerce; quoique la couleur verte ne soit qu'un accessoire, cependant, pour se conformer à la fausse opinion que les consommateurs se sont faite de cette coloration, les fabricans colorent quelquefois leurs *savons mous* avec de l'indigo.

1079. Les savons mous *pour la toilette* se font avec les huiles d'amande douce, de noisette, de palmier, avec le sain-doux, le suif, le beurre; mais ils doivent être, autant que possible,

dégagés d'alcalis; leur saveur ne doit pas être caustique.

1080. Le *savon noir* au contraire abonde en alcalis, et se fabrique avec des déchets des matières grasses animales. Il sert aux blanchissages les plus grossiers.

1081. Le savon à base de potasse peut être facilement transformé en savon dur ou à base de soude, par la voie de la double décomposition, au moyen du chlorure de sodium. On obtient ainsi d'une part un savon à base de soude et de l'autre un chlorure de potasse.

1082. Les divers savons présentent à l'analyse les nombres suivans :

	Matière grasse.		Eau.	Soude	Potasse.	
Savon en table....	50,2....		45,2....	4,6....	....	Thénard.
—— marbré.....	64,0....		30,0....	6,0....	....	*Id.*
—— vert.......	44,0....		46,5....	....	9,5....	*Id.*
—— français....	60,94...		30,50...	8,56...	......	Pelletier.
	acide oleique	acide stéarique (1026.)				
—— de Marseille.	59,20.	9,20.	21,56..	10,24.		Braconnot.

1083. Théorie de la saponification molle ou dure. — Depuis les recherches de Chevreul sur les corps gras, les chimistes ont cru avoir expliqué cette théorie, en disant que la cause de l'un et de l'autre résultat dépendait, d'une part de la base, et d'autre part des quantités relatives de margarate, d'oléate et de stéarate produits (1021); car, ajoutent-ils, on remarque que la potasse forme avec les trois acides stéarique, oléique et margarique, des composés qui prennent l'aspect du mucilage ou d'une gelée épaisse. Cela revient à peu près à dire que ce phénomène dépend et de la nature de la cause, et de la nature de son effet. Si la potasse, par la déliquescence qu'elle communique à la plupart de ses composés, produit des composés mous même avec ceux de ces trois acides qui sont les moins solubles, la nature de ces savons dépend donc uniquement de la potasse dont les sels sont déliquescens, ou de la soude dont les sels sont efflorescens. Si la

nature de ces prétendus acides influait sur la mollesse ou la dureté des savons, il s'ensuivrait que les graisses fourniraient, même avec la potasse, des savons plus durs que les huiles (997).

1084. La théorie à mes yeux la plus naturelle, c'est que, dans cette opération, il se forme des sels alcalins à base de potasse ou de soude (acétates, etc.), avec lesquels la substance grasse se combine, pour s'organiser en rudimens de tissus, à peu près comme nous avons dit que les gommes s'organisent en se combinant avec des sels terreux. Or ces rudimens de tissus participent de la nature de leurs bases (*voyez la deuxième classe*).

1085. Suint de la laine. — Cette substance grasse qui sert d'enduit aux brins de laine brute, et qui en forme les 35 à 45 centièmes en poids, est un composé de savon à base de potasse, joint à du carbonate, de l'acétate et un peu d'hydrochlorate de potasse, à un sel à base de chaux et à une substance odorante. Ajoutez-y, ce que la chimie en grand ne pourrait constater, les débris des emboîtemens externes du poil (561). Dans le lavage de la laine, c'est-à-dire dans le dessuintage, ce savon se dissout et entraîne tous les autres sels avec lui. Il s'ensuit de là que les eaux de lavage sont excellentes pour un lavage subséquent, et que leur bonne qualité augmente à chaque nouvelle opération. On a calculé que le suint, provenant du lavage de toutes les laines récoltées en France, est capable de servir d'engrais à 150,000 hectares de terre.

1086. On conçoit facilement pourquoi toute opération de teinture sur laine doit être précédée par le dessuintage; sans cela le moindre lavage d'une étoffe en enlèverait la couleur.

1087. Cryptogamie et combustion des graisses. — La graisse fondue par la chaleur est attirée vers le bout de la mèche par un simple phénomène de capillarité. Là, elle bout et se décompose en huile volatile, en gaz inflammables, qui, arrivés à une certaine hauteur, se brûlent et produisent la

flamme; aussi dans le cône lumineux remarque-t-on trois emboîtemens principaux et distincts les uns des autres : le plus interne, formé moitié par le bout de la mèche et moitié par le produit de l'évaporation, qui est noir ou plutôt bleu-noirâtre; le plus externe qui est le plus considérable et qui est d'un blanc éblouissant, et l'intermédiaire qui tient du bleu et du rougeâtre et qui a le moins d'épaisseur. Mais si l'on n'a pas soin de couper de temps en temps la mèche, la partie brûlée devient de plus en plus longue, et l'on ne tarde pas à voir se former une, deux et même trois fonguosités noires, qui se développent avec une régularité de forme constante dans tous les cas. Les dissections de ces fonguosités à la loupe m'ont présenté les analogies les plus frappantes avec la structure des fonguosités parasites de la cryptogamie, avec les bolets subéreux et sessiles: même insertion par une de leur surface inférieure ou de leurs faces latérales sur un des fils de la mèche; même convexité sur leur surface supérieure, même dépression sur leur surface inférieure, même bourrelet sur les bords demi-circulaires, même direction dans leurs fibres internes, même consistance et même cassure. Certainement il y a là plus qu'un jeu de la nature, plus qu'une simple analogie de formes; il y a une analogie de lois, une analogie de végétation.

DEUXIÈME GENRE :

CIRE.

1088. La cire est une substance grasse, blanche à l'état de pureté, diaphane à une certaine épaisseur et sur les bords d'un cylindre, sans saveur, mais ayant souvent une légère odeur qui lui est étrangère, d'une pesanteur spécifique de 0,960 à 966, entrant en fusion à 68°, devenant molle et flexible à 30° et cassante à 0°; elle est insoluble dans l'alcool et dans l'héter froid, soluble en partie dans l'alçool chaud et

dans 10 parties d'alcool bouillant; assez soluble dans les essences et les huiles grasses; saponifiable, mais en un savon très dur et fort peu soluble dans l'eau; les acides en séparent la cire presque aussi pure qu'avant la saponification. L'ammoniaque liquide la dissout d'abord et la dépose, en s'étendant d'eau (398). L'acide nitrique convertit la cire en acide oxalique, mais difficilement. L'acide sulfurique concentré la dissout par la chaleur, et par le refroidissement elle se solidifie.

§ 1. Cérine, Myricine (John); Céraïne (F. Boudet et Boissenot).

1089. De même que les graisses et les huiles, la cire s'est trouvée composée de deux substances, qui ne diffèrent entre elles que par le degré de leur fusibilité et de leur solubilité dans l'alcool.

1090. On sépare la cérine de la myricine par les mêmes procédés que la stéarine de l'oléine des graisses (998). La myricine représente la stéarine, la cérine représente l'oléine.

1091. La cérine se comporte à peu près comme la cire; sa pesanteur spécifique est de 0,969; d'après John elle fond à 42°,5; d'après Boudet et Boissenot, à 63°; résultat qui n'est certainement pas très voisin de l'autre. Elle se dissout dans 16 parties d'alcool bouillant, dans 24 parties d'éther froid, dans une moins grande partie d'éther chaud; elle se précipite en partie de sa solution chaude. A la distillation sèche elle donne de l'acide margarique, de l'huile empyreumatique, mais non de l'acide sébacique (benzoïque 1047). Par la saponification on obtient un margarate de potasse et une substance semblable à la cire que Boudet et Boissenot ont nommée *céraïne*. Celle-ci ne fond jamais qu'au-dessus de 70° et distille presque sans altération; insoluble dans l'alcool froid et très peu soluble dans l'alcool chaud, qui par le refroidissement se change en gelée; elle n'est pas susceptible de se saponifier.

1092. La *myricine* n'est soluble que dans 200 parties d'al-

cool bouillant à 0,833 et 123 parties d'alcool anhydre; soluble dans 99 parties d'éther froid, elle devient moins dure que la cire après sa fusion; d'une pesanteur spécifique égale à celle de l'eau; entrant en fusion entre 35° à 37°,50 d'après John, et seulement à 65° d'après Boudet et Boissenot. A la distillation sèche, elle passe dans le récipient presque sans être décomposée. Elle ne se saponifie pas avec la potasse caustique.

1093. On voit, et par la dissidence qui se montre entre les résultats, et par la nature des caractères distinctifs des trois substances, qu'on peut leur appliquer toutes les réflexions que nous avons faites à l'égard de leurs analognes chez les graisses (1000).

§ 2. Diverses espèces de cire.

1094. Cire d'abeilles. — C'est la substance avec laquelle les abeilles construisent les alvéoles destinées à conserver leur miel ou à abriter le *couvain*. Les premiers observateurs avaient pensé qu'elle était pétrie avec le pollen, dont ces insectes ont soin de garnir la brosse de leurs pattes, au retour de leurs excursions. Mais c'est une erreur; car la cire brute même n'offre rien au microscope qui rappelle les formes des organes polliniques (342); l'analyse n'y démontre l'existence ni de la résine, ni du gluten, ni de l'eau qui abondent pourtant chez le pollen.

1095. Huber et quelques observateurs, sur ses traces, ont été plus loin encore; ils ont établi, comme le résultat de l'observation directe, que la poudre pollinique que rapportent les abeilles n'était destinée qu'à former la pâtée dont se nourrissent les larves du *couvain;* car ayant nourri les abeilles exclusivement avec du sucre, et sans leur permettre de sortir de la ruche, celles-ci n'en ont pas moins continué à construire leurs alvéoles. D'après cette expérience, il résulterait que la cire et le miel sont le produit de deux élaborations différentes du sucre. Cependant il me semble que cette expé-

rience mérite d'être soumise une seconde fois à une observation exacte; car il se pourrait bien que les abeilles fissent subir au pollen, dans leurs organes digestifs, non une transformation, mais une simple extraction de la cire qui s'y trouve contenue, et qu'elles conservassent cette substance, dans les glandes ou leurs viscères, plus ou moins long-temps après l'avoir extraite pour les besoins de leur admirable architecture ; et qu'enfin ce soit avec ces matériaux réservés qu'elles aient continué à construire pendant tout le peu de temps que les observateurs les ont tenues emprisonnées.

1096. Quoi qu'il en soit, on sépare le miel de la cire des rayons, au moyen du pressoir; le miel coule et la cire reste en gâteaux que l'on jette ensuite dans l'eau bouillante ; on écume pour enlever les impuretés, et on recueille la cire, qui par le refroidissement vient se figer à la surface. Dans cet état, la cire possède une odeur et une couleur qu'elle doit au miel qui s'y trouve encore. On la blanchit en l'exposant, en lanières minces et sur des toiles, à l'action de la rosée et du soleil. On peut la blanchir en outre par le chlore, ainsi que les autres espèces de cire végétale; mais on a observé que le chlore nuit à la qualité des bougies.

1097. La cire des abeilles est la seule dont nous possédions l'analyse élémentaire ; la voici :

	Carbone.	Hydrogène.	Oxigène.
D'après Gay-Lussac et Thénard . . .	81,784	12,672	5,544
Saussure	81,587	13,859	4,554

il résulte que c'est la substance grasse qui possède, à l'exception de la cholestérine, le moins d'oxigène de toutes; aussi sa solubilité dans l'alcool est-elle très faible et sa solidité très grande (1019).

1098. C'est encore par l'ébullition dans l'eau qu'on extrait la cire des végétaux dont nous donnons, dans le tableau suivant, la nomenclature et les caractères distinctifs :

CIRES.	COULEUR à l'état brut.	SE RAMOLLIT à	FOND à	PESANTEUR spécifique.	L'ALCOOL bouillant en dissout	L'ÉTHER bouillant en dissout	RENFERME	
							cérine.	myricine.
des abeilles.	jaune [1].	50°	68°	0,966	1/20	1/80	90	8
du *myrica cerifera*.	verdâtre.	....	45°	1,015	1/20	1/4	87	13
du *ceroxylon andicola*.	vert sale, jaune clair.	....	....	....	1/6			
du palmier *carnauba*.	....	....	57°	....	1/96			
de la soie brute..	peu colorée.	....	80°	....	1/200			
du lait de l'arbre à vache.	jaune.	40°	60°					

(1) Les abeilles des Antilles en produisent une noire que le chlore même ne peut blanchir.

§ 3. Applications.

1099. La cire des abeilles est la meilleure pour la fabrication des bougies; les autres espèces sont trop cassantes et brûlent moins; pour corriger ce double défaut on y ajoute du suif. Il est inutile de faire observer que les bougies l'emportent sur les chandelles, sous le rapport de la propreté qui tient à leur consistance, et sous celui de l'odeur agréable qu'elles répandent en brûlant.

1100. On emploie la cire pour faire des emplâtres, des onguens et des sondes.

TROISIÈME GENRE :

SUBSTANCE VERTE DES VÉGÉTAUX, CIRE VERTE (chlorophylle) (152).

1101. Cette substance, qui joue un si grand rôle dans l'organisation des végétaux, a été classée tantôt dans les résines, et tantôt dans les corps gras, à cause de sa solubilité dans les mêmes menstrues: alcool, éther, huiles grasses et volatiles. Mais sa saponification par la potasse caustique ne permet plus de la classer ailleurs que dans les graisses végétales; c'est une véritable cire. L'exposition au soleil la blanchit, ainsi que le chlore et les alcalis. L'acide sulfurique la dissout d'abord en se colorant en vert; mais ainsi que tous les autres acides, il finit par détruire cette couleur. Au reste ses réactions colorantes par les acides et les alcalis varient avec l'espèce de plante d'où on l'a extraite, et avec l'époque de l'extraction. Car spontanément et par les progrès de la végétation, on voit cette substance verte passer par toutes les nuances du prisme, pour s'arrêter le plus généralement au jaune. J'ai eu souvent l'occasion d'observer des feuilles lisses d'aloès, sur lesquelles on remarquait des anneaux colorés, emboîtés les uns dans les autres, disposés dans l'ordre des couleurs de l'arc-en-ciel, les moins réfrangibles en dehors, et dont l'effet rappelait exactement les anneaux que Nobili produisait sur des plaques métalliques, en soumettant

aux pôles de la pile divers sucs végétaux. Ce n'était point là une décomposition de la lumière par une lame de mince épaisseur; car ces phénomènes de coloration traversaient de part en part toutes les couches de la feuille.

1102. Pour l'extraire, il suffit d'exprimer le tissu vert d'une plante, et de traiter la fécule verte, qui s'est déposée, par l'alcool que l'on fait ensuite évaporer.

1103. La matière colorante, par toutes les réactions ci-dessus, est évidemment distincte de la substance grasse elle-même. La plupart des réactifs agissent en effet sur l'une, sans altérer en aucune manière les propriétés de l'autre.

1104. Les matières colorantes qu'on nomme habituellement *extractives*, ne sont le plus souvent que des mélanges plus ou moins compliqués des diverses dégradations de la matière colorante verte, avec toute autre substance grasse ou albumineuse.

§ 1. Analogie de la matière colorante des végétaux.

1105. J'ai toujours été frappé de l'analogie qui existe entre les phénomènes de coloration que présente le *caméléon minéral* et ceux de la matière colorante des végétaux.

1106. Depuis Schéele on sait qu'une combinaison d'oxide noir de manganèse et de potasse communique à l'eau une couleur verte, qui peu à peu passe par toutes les nuances du prisme, pour devenir de nouveau incolore, en laissant déposer l'oxide de manganèse noir; que les acides nitrique, sulfurique, etc. rendent rose la couleur verte, que les alcalis font passer au vert celle qui est rouge, et que l'acide sulfureux détruit la couleur de toutes. La dissolution rouge est assez fixe pour cristalliser en aiguilles pourpres qui se déposent. Chevillot et Edwards ont démontré que ces variations de nuances sont dues aux proportions de l'oxigène absorbé et de l'oxide de manganèse qui entre dans la composition du caméléon. On soupçonne qu'il se forme alors un manganésiate de potasse.

1107. Or la présence du manganèse a été démontrée dans presque tous les tissus colorés ; on en trouve abondamment dans les pelures de pomme ; la potasse s'y rencontre en plus grande abondance peut-être. D'autre part, il est reconnu par expérience que partout où il existe de la substance verte ou colorée autrement, il y a absorption d'oxigène. Serait-il trop hardi de signaler cette analogie comme pouvant amener un jour à un résultat plus précis ? Le fer, qui se rencontre en plus grandes proportions que le manganèse dans les tissus, ne pourrait-il pas tenir la place du manganèse dans la production de ces phénomènes de coloration ? Nous l'avons vu jouer un rôle analogue dans la matière colorante du sang, où il est peut-être combiné avec un alcali plutôt qu'avec un acide (931).

DEUXIÈME DIVISION.

SUBSTANCES SPÉCIALES AUX VÉGÉTAUX.

PREMIER GENRE :

HUILES ESSENTIELLES OU VOLATILES.

1108. On les nomme *volatiles*, parce que même à la température ordinaire elles se volatilisent, tandis que les huiles grasses sont fixes à cette température, et qu'à une température plus élevée, elles ne passent dans le récipient qu'en se décomposant. On les nomme essentielles du mot *essence* qu'on donne à celles qui répandent une odeur agréable, parce que les alchimistes les considéraient comme formant la partie principale, *l'essence* (*essentia*) du végétal, dont tout le reste n'était à leurs yeux qu'un inutile *caput mortuum*.

1109. Les huiles essentielles varient entre elles de couleur, d'odeur, de pesanteur spécifique et de fluidité ; elles ont

une saveur âcre et irritante ou bien aromatique ; leur point d'ébullition est ordinairement à 160 et plus ; distillées soit seules, soit avec du sable ou de l'argile, elles se décomposent en partie presque toujours en gaz combustibles qui laissent dans la cornue un charbon poreux et brillant ; mêlées avec l'eau, elles distillent facilement et sans s'altérer. Elles brûlent avec une flamme très brillante, mais en répandant aussi beaucoup de fumée ; sans être sensiblement solubles dans l'eau qu'elles rendent laiteuse par l'agitation (842), elles lui communiquent pourtant leur odeur d'une manière prononcée ; elles se dissolvent dans l'alcool concentré, quelques-unes même dans l'alcool aqueux ; elles en sont précipitées par l'eau qu'on ajoute. De même que les huiles grasses (972), les huiles volatiles, exposées à l'air, épaississent, deviennent plus foncées en absorbant de l'oxigène, et laissant dégager du gaz acide carbonique ; il se forme alors une résine qui reste dissoute dans la portion fluide de l'huile encore intègre. La lumière influe beaucoup sur la marche de cette absorption. Le chlore et l'iode, le gaz oxide nitrique se comportent avec elles comme le gaz oxigène ; elles ont même une si grande affinité pour ce dernier à l'état solide, qu'il se produit une espèce de détonation par leur contact. Elles absorbent aussi, sans être sensiblement altérées, des quantités considérables de gaz acide sulfureux.

1110. Aussi, de même que les huiles grasses (997), les huiles volatiles sont-elles des mélanges d'huiles plus ou moins fluides, et presque toujours d'une portion fluide et d'une portion concrète à la température ordinaire ; elles ont ainsi leur *oléine* et leur *stéarine*, que Berzélius a proposé de nommer *oléoptène* et *stéréoptène*, deux mots qui, ainsi que les deux précédens, ne doivent être considérés que comme exprimant de simples approximations ; on sépare ces deux portions par les mêmes procédés que l'oléine et la stéarine : par la congélation et par l'alcool (998). De même que les huiles grasses, les huiles volatiles dissolvent, à l'aide de l'ébulli-

tion, le soufre, et le déposent par le refroidissement en cristaux rouges et prismatiques; celui-ci les décompose par une ébullition plus prolongée; il en est de même du phosphore qui les rend lumineuses dans l'obscurité.

1111. Les acides forts, tels que l'acide sulfurique et l'acide hydrochlorique concentrés, s'unissent à elles avec dégagement de chaleur, et les épaississent en un liquide brun et acide soluble dans l'alcool et dans les alcalis, et qui se charbonne, par la chaleur, en dégageant du gaz acide sulfureux. L'acide nitrique [1] concentré, mêlé avec l'huile volatile, subitement et dans un vase chauffé, la décompose quelquefois avec flamme. En ménageant au contraire la marche de l'opération, l'huile se transforme d'abord en résine, et par une ébullition plus prolongée avec de l'acide étendu, en acide oxalique. L'acide hydrocyanique s'unit aux huiles qui l'enlèvent à l'eau, et la conservent sans altération; enfin elles s'unissent à plusieurs acides végétaux, tels que les acides acétique, oxalique, succinique, les acides gras, etc.

1112. L'huile de girofle seule se combine avec les bases salifiables.

1113. Les huiles volatiles absorbent 6 à 8 fois leur volume de gaz ammoniaque, et l'huile de lavande en absorbe 47 fois son volume; l'huile de térébenthine absorbe aussi jusqu'à 0,2 de son volume de gaz oxide carbonique; 1,9 de gaz acide carbonique; 2 de gaz oléfiant; 2,7 de gaz oxide nitreux, 5 fois son volume de gaz cyanogène. Elles ont peu d'action sur les sels; elles sont transformées en résine par les oxides métalliques qui abandonnent facilement l'oxigène, ainsi que par le nitrate de mercure, et les chlorures d'étain et d'antimoine. Le chlorure de mercure s'associe avec elles, les rend plus pesantes que l'eau, qui bientôt sépare ces deux substances, et rend à l'huile sa première fluidité.

(1) Les acides nitrique et sulfurique colorent l'essence concrète de girofle en rouge; et les sels de fer la blanchissent.

1114. On forme un *savonule* en triturant un mélange de soude caustique et de térébenthine, que l'on dissout peu à peu dans l'huile de térébenthine, et ensuite dans l'alcool; on élimine celui-ci par la distillation. Ce savonule, qu'on nomme *savon de Starkey* (1071), est un mélange de soude et de résine.

1115. Les alcalis végétaux, cinchonine, quinine, morphine, narcotine, strychnine, brucine, vératrine et delphine, les résines, les huiles grasses, se dissolvent dans les huiles volatiles.

1116. Le sucre broyé avec elles leur communique la propriété DE SE MÊLER PLUS FACILEMENT A L'EAU.

1117. Leur composition élémentaire donne lieu à une singulière remarque: c'est que les unes paraissent ne pas contenir un atome d'oxigène, et les autres en possèdent presque tout autant que les huiles grasses. Saussure y trouve toujours de l'azote, et pourtant, d'après les chimistes, l'analyse n'y signale pas la présence de l'ammoniaque. Mais on a observé pourtant qu'elles ramènent fort souvent au bleu le tournesol rougi par un acide. Voyez (alinéa 1057) l'explication que nous avons donnée de ces anomalies. Le tableau suivant présente la composition élémentaire de quelques-unes d'entre elles d'après Saussure, Liebig et Gobel; les résultats obtenus par celui-ci, d'après Berzélius, méritent peu de confiance.

	Carbone.	Hydrog.	Oxig.	Azote.	
Huile de térébenthine..	87,650.	12,350.	......	....	Hout.Lalillard.
Id.........	87,788.	11,646.	....	0,566.	Saussure.
Huile concrète de rose..	86,743.	14,889.	....	......	*Id.*
Huile de citron.......	86,899.	12,326.	....	0,775.	*Id.*
—— de lavande......	75,50..	11,07..	13,07..	0,36..	Saussure.
—— d'anis........	76,487.	9,352.	13,821.	0,34..	*Id.*
Huile concrète du même.	83,47..	7,53..	8,54..	0,46..	*Id.*
Huile de rose........	82,05..	13,12..	3,95..	0,88..	*Id.*
La même...........	69,66..	16,06..	14,28.	......	Gobel.
Huile de romarin.....	82,21..	9,42..	7,73..	0,64..	Saussure.

	Carbone.	Hydrog.	Oxig.	Azote.	
Huile de menthe poivrée.	75,1...	13,4...	11,5...	......	Gobel.
— laur. cinnamom.	78,1...	10,9...	11,0...	......	*Id.*
— — cassia....	76,7...	9,7...	13,6...	......	*Id.*
Camphre............	74,38..	10,67..	14,61..	0,34..	Saussure.
Id.............	74,67..	11,24..	14,09..	......	Gobel.
Id.............	81,763.	9,702.	8,535.	......	Liebig.

§ 1. Observations théoriques.

1118. L'absence complète de l'oxigène dans les unes de ces huiles volatiles et sa présence dans les autres est une de ces anomalies que je ne puis bien m'expliquer, qu'en pensant que l'oxigène a disparu, en oxidant les bases dont l'analyse élémentaire ne s'occupe presque pas. Comment concevoir en effet la théorie d'un ordre de substances dont les unes, telles que l'huile concrète de rose, possède, à 1,632 près, la composition élémentaire du gaz oléfiant (971), et dont les autres, qui possèdent pourtant les mêmes propriétés génériques, présentent presque la composition élémentaire des huiles grasses (969)?

1119. Au reste tout ce que nous avons dit, à l'égard des huiles grasses, relativement aux caractères spécifiques trompeurs que peuvent leur imprimer les bases, les acides, les sels, les substances organiques enfin qu'elles sont en état de dissoudre (1054), et surtout relativement à leur métamorphose en substances organisatrices (971), s'applique avec autant de justesse aux huiles volatiles. Il est même possible que par la marche philosophique de la nouvelle chimie, on arrive un jour à prouver que les différences observées entre les huiles fixes et les huiles volatiles tiennent à la nature des sels, alcalis ou acides qui y sont respectivement en solution ; ce qui ne doit pas nous dispenser de signaler les différences spécifiques des huiles volatiles les plus répandues dans le commerce ; on les trouvera dans le tableau suivant :

§ 2. Extraction des huiles volatiles.

1120. Les huiles volatiles abondent dans tous les organes tendres et colorés des plantes. Chez les plantes odoriférantes telles que les labiées, elles se trouvent dans la tige et dans les feuilles ; chez les ombellifères, dans les semences en général ; chez d'autres dans les pétales ; l'oranger en offre de trois espèces différentes (1118), dont l'une réside dans les feuilles, l'autre dans les fleurs, et la troisième dans le zeste de l'orange. Elles servent, dans ces organes, de véhicule à la substance odorante et de récipient à la matière colorante, ainsi qu'aux principes actifs qui caractérisent l'espèce de végétal; trois sortes de corps qui, échappant à l'analyse, semblent faire partie essentielle de l'huile volatile. Quant à celle-ci, je suis porté à croire qu'elle est aussi uniforme, chez les divers végétaux, que l'huile grasse, et que toutes ses différences réelles résident dans le plus ou moins de solubilité et le plus ou moins de fluidité de ses molécules.

1121. On extrait les huiles volatiles ou en grand pour les besoins du commerce, ou en petit pour les études du laboratoire.

1122. En petit on les extrait par l'éther et par l'alcool que l'on fait évaporer.

1123. En grand on extrait les unes par expression et le plus grand nombre par la distillation.

1124. On extrait par expression du zeste qui la renferme l'huile volatile de bergamote et celle du citron. Cette huile jaillit au dehors par la pression seule des doigts.

1125. Pour obtenir par distillation l'huile volatile d'une plante, on place celle-ci, ou l'organe spécial qui possède l'huile, dans une cucurbite d'un alambic avec de l'eau et du sel marin ; et crainte que la plante, en s'attachant aux parois du vase, ne vienne à brûler, et à altérer, par les produits de la combustion, la pureté de l'essence, on a soin de l'en séparer par un diaphragme percé de trous. L'eau est

destinée à maintenir la température à un degré constant et à s'opposer à l'ébullition de l'huile qui a lieu à 150°. Le sel marin est destiné à retarder l'ébullition de l'eau, qui, par ce mélange, n'a lieu qu'au-dessus de 100°. L'eau et l'huile volatile se rendent à la fois dans un récipient muni à sa base d'un goulot qui monte obliquement jusqu'à une certaine hauteur du vase ; de cette manière l'eau ne s'élève jamais au-dessus de la ligne qui passe par l'ouverture du goulot, et elle s'écoule à mesure que cette ligne est surmontée; l'huile volatile au contraire la surnage et ne peut plus s'évaporer. Une certaine quantité se dissout dans l'eau et l'aromatise; c'est même le moyen dont on se sert pour se procurer les *eaux aromatisées*. Mais quand la plante (telle que la rose) renferme peu d'huile essentielle, et qu'on ne veut point en perdre, on la distille alors avec une eau qui, déjà aromatisée, est incapable de se charger une nouvelle quantité d'huile essentielle.

DEUXIEME GENRE :

RÉSINES.

1126. Les résines ne diffèrent essentiellement des huiles volatiles concrètes dont elles ne sont qu'une modification, qu'en ce que leurs molécules ne se volatilisent qu'en se décomposant. Car autrement par leur solubilité dans l'alcool et dans l'éther, les huiles grasses, l'huile de pétrole, la potasse et la soude, par leur insolubilité dans l'eau, et surtout par leur composition élémentaire, les résines sont des huiles essentielles.

1127. Les résines sont des substances solides, cassantes, inodores, insipides ou âcres, plus pesantes que l'eau, en général diaphanes et d'une couleur jaunâtre; elles sont le plus grand nombre électro-négatives par le frottement; quelques-unes, par exception et par suite de quelque mélange, sont indifférentes.

1128. Les acides hydrochlorique et acétique concentrés, mais surtout l'acide sulfurique, dissolvent les résines sans les décomposer; car l'eau les en précipite sur-le-champ avec leurs premiers caractères. L'acide nitrique au contraire les attaque avec violence et avec dégagement de gaz nitreux; il se forme une substance visqueuse après l'évaporation, d'un jaune foncé, également soluble dans l'alcool et dans l'eau, et qui, chauffée avec une égale quantité d'acide nitrique, prend peu à peu tous les caractères du tannin.

1129. Les résines s'unissent aux bases sans aucune espèce de saponification (1071); car on les sépare de ces bases aussi peu acides qu'auparavant. Unverdorben avait considéré quelques résines comme des acides, en se fondant sur leurs propriétés électro-négatives. Il avait désigné un *acide pinique*, un *acide silvique* et un *acide colopholique*; mais il paraît avoir abandonné entièrement cette manière d'envisager le rôle que jouent ces substances dans leur combinaison avec les bases.

1130. On obtient ces combinaisons en traitant par un acétate une dissolution alcoolique d'une résine. Les auteurs les désignent sous le nom de résinates.

1031. Les résines pouvant être considérées comme des transformations des huiles essentielles sous l'influence d'un gaz lentement absorbé, on doit leur appliquer les principes dont nous avons déjà fait l'application aux huiles grasses et volatiles, et établir d'avance que chaque résine contient une série de dégradations telle qu'il serait impossible de trouver entre elles des lignes de démarcation bien définies. Aussi les chimistes ont-ils observé depuis long-temps que les résines sont des mélanges de diverses résines dont les unes sont solubles dans l'alcool froid, les autres dans l'alcool chaud, d'autres dans l'huile de pétrole ou l'huile de térébenthine [1]

(1) Bonastre a donné le nom de *sous-résines* à la portion d'une résine qui ne se dissout que dans l'alcool bouillant, et qui s'en précipite par le refroidisse-

et c'est à la faveur de ces menstrues qu'Unverdorben est parvenu à isoler jusqu'à cinq espèces de résines de la même substance. Il désigne chacune d'elles par une lettre de l'alphabet grec; cette nomenclature est parfaitement en harmonie avec la manière dont nous envisageons la formation successive de ces nuances; mais il est pourtant bon de faire observer que, si l'on voulait préciser les caractères de ces nuances, les 24 lettres de l'alphabet ne suffiraient plus. Ce qui vient encore à l'appui de ces observations, c'est l'énorme variabilité des caractères généraux que présentent les résines, selon les espèces de végétaux, selon les individus mêmes, selon l'époque à laquelle s'est faite l'extraction. Aussi est-il rare de rencontrer quelque concordance entre les résultats obtenus par deux auteurs différens.

1132. Nous ne possédons la composition élémentaire que des résines suivantes :

	Carb.	hydr.	oxig.	
Résine du pin ou colophane.	75,944...	10,719...	13,337...	G. L. et Thénard.
colophane purifiée par l'huile de pétrole.	77,402...	9,551...	13,047...	De Saussure.
Copal........	76,811...	12,683...	10,506...	G. L. et Thénard.

On voit combien ces nombres se rapprochent de ceux des huiles essentielles et même des huiles grasses (1116).

1133. Les pharmaciens ont distingué deux espèces de résines : les *résines* proprement dites, et les *baumes*. Les baumes sont des résines solides ou liquides qui contiennent de l'acide benzoïque. Les chimistes allemands les divisent en

ment en espèce de cristallisations apparentes. Nous dirons de cette stéarine des résines, si je puis m'exprimer ainsi, ce que nous avons dit de la stéarine elle-même. Si le plus ou moins de solubilité dans l'alcool chaud ou bouillant était un caractère distinctif suffisant, il faudrait admettre bien de sous-résines différentes dans de la même résine.

baumes naturels et *résines dures*. Les baumes naturels sont des résines qui, à la faveur d'une certaine quantité d'huile volatile à laquelle elles sont associées, restent molles ou liquides.

1134. On extrait les résines par incisions (826); elles coulent dissoutes dans l'huile volatile, dont elles ne sont qu'une transformation, et dont on les débarrasse par la distillation. Quelques-unes découlent spontanément par exsudation. Or, les huiles essentielles tenant en dissolution diverses substances étrangères et des sels mêmes, il est impossible que les résines ne soient pas à leur tour de semblables mélanges; et c'est peut-être à leur mode d'association avec ces corps étrangers et ensuite à la nature diverse de ces corps, que les résines sont redevables et de leurs caractères spécifiques entre elles et de ceux qui la distinguent des huiles essentielles (1125).

1135. Nous nous contenterons de signaler, dans un tableau, les principaux caractères des résines les plus connues :

RÉSINES.	EXTRAITES du	COULEUR.	ODEUR.	SAVEUR.	PESANTEUR spécifique.	CONSISTANCE.	RENFERME.	EMPLOYÉES.
Baume de copahu.	*Copaïfera officinalis.*	blanc jaunâtre	forte	âcre et amère	0,95	d'huile	....	quelques-unes en médecine, et le plus grand nombre à faire des vernis.
Baume de la Mecque.	*Amyris opobalsamum.*	limpide	suave	*Id.*	0,950	*Id.*		
Baume du Pérou.	*Myroxylum peruiferum.*	jaunâtre	agréable	âcre	1,15	dure	acide benzoïque	
Tolu.	*Toluifera balsamum.*	jaune clair	de citron et de jasmin	échauffante	....	*Id.*		
Copale.	*Rhus copallinum.*	nulle	légère	....	1,045 1,139	*Id.*		
Térébenthine[1].	pin et sapin.	gris jaune	faible	amère et brûlante	....	du miel	acide succinique	
Benjoin.	*Styrax benzoin.*	brun rougeâtre	de vanille	suave	1,063 1,092	solide cassure conchoïde	18 pour 100 d'acide benzoïque	
Sandaraque.	*Thuya articulata.*	blanc jaunâtre	nulle	....	....	en grains		
Mastic.	*Pistacia lentiscus.*	jaunâtre	agréable	....	....	*Id.*		
Dammara.	*Pinus dammara.*	léger. jaunâtre	nulle	insipide	1,097 1,123	cassante		
Sang-dragon.	*Pterocarpus draco*	brun foncé	*Id.*	*Id.*	1,196	à cassure terne	un peu d'acide benzoïque	
Gayac[2].	*Guajacum officinale.*	vert jaunâtre	*Id.*	....	1,205 1,228	cassure brillante et verdâtre	5,1 pour 100 de gomme	

(1) Dans les landes, on retire de la térébenthine qui découle des troncs incisés des conifères, la résine par la filtration à travers la paille, la poix noire par la combustion de la paille et des copeaux qui ont servi à la filtration. Le goudron s'obtient par la combustion des bûches des arbres trop vieux pour donner encore de la térébenthine. Le noir de fumée se recueille en recevant la fumée dans une chambre en sapin tapissée de toiles peintes. La poix jaune, ou poix de Bourgogne, n'est, dit-on, que du galipot ou résine fondue et mise en contact avec le vinaigre.

(2) La résine de gayac bleuit par l'iode (65), par le chlore, par le gluten, par la gomme; elle devient rouge brun dans l'acide sulfurique.

TROISIÈME GENRE :

GOMMES-RÉSINES.

1136. Les gommes-résines sont, ainsi que l'indique leur nom, un mélange brut, en proportions variables, d'huiles volatiles, de substances gommeuses et de substances résineuses, et de quelques autres produits organiques qui découlent avec elles des vaisseaux incisés de la plante qui les produit (820). Nous ne reviendrons pas sur ce que nous avons dit relativement au mode dont s'opèrent les mélanges, et il nous suffira de présenter les caractères des principales d'entre elles. Nous ne croyons pas devoir transcrire ici les nombres par lesquels les auteurs d'analyses ont déterminé les proportions des substances dont ils signalent l'existence dans les gommes-résines. Il suffit d'examiner comparativement les analyses de la même substance faites par des auteurs différens, pour se faire une idée du peu de confiance que ces sortes de résultats peuvent inspirer. La gomme-résine de l'aloës, par exemple, renferme, d'après Trommsdorff, 75 sur 100 d'un principe savonneux amer, tandis que, d'après Bouillon-Lagrange et Vogel, elle renferme 68 pour 100 d'extractif, etc. On s'expliquera facilement cette discordance, en se rappelant ce que nous avons eu déjà bien des fois l'occasion de faire observer relativement à l'analyse des mélanges.

1137. *Gomme laque*. — Rouge jaunâtre, transparente, inodore, amère et astringente ; elle est déposée sur diverses espèces d'arbres des Indes orientales par le *Coccus lacca ;* et elle sert en médecine, en teinture, pour la préparation des vernis et de la cire à cacheter.

1138. *Assa fœtida*. — Extraite par incision de la racine du *ferula assa fœtida;* rougeâtre, tachetée par de petits fragmens blancs, d'une odeur alliacée.

1139. *Gomme ammoniaque*. — Extraite par incision d'une plante inconnue de la famille des ombellifères. Elle nous

vient des Indes orientales, en morceaux d'un blanc jaunâtre, transparens, friables, d'une odeur désagréable, d'une saveur légèrement âcre et amère. A la distillation sèche elle fournit, sans se fondre, du gaz acide carbonique, une eau acidule contenant de l'ammoniaque, des huiles diverses, de l'hydrogène carboné, et laisse force cendres.

1140. *Euphorbe.*—Extraite, par incision, de l'*Euphorbia officinarum;* elle nous vient d'Egypte en larmes jaunâtres, inodores, friables, âcres et caustiques, irritant violemment l'odorat lorsqu'elle est en poudre.

1141. *Galbanum.*—Extraite, par incision et évaporation, du suc, du collet de la racine du *Bubon galbanum.* Elle nous vient de l'Ethiopie en masses peu fragiles, roussâtres, opaques, d'une odeur forte, d'une saveur âcre et amère.

1142. *Gomme gutte.* — Extraite, par incision, du *Cambogia gutta;* elle nous vient des Indes orientales en masses d'un jaune brun à l'extérieur, et d'un jaune rougeâtre à l'intérieur, opaques, inodores, d'une cassure vitreuse, insipides d'abord, puis âcres et amères; employée comme couleur jaune pour les lavis.

1143. *Myrrhe.*—Elle nous vient de l'Arabie en larmes ou en grains de différentes grosseurs, roussâtres et d'un jaune brun, plus ou moins transparens, à cassure vitreuse, d'une odeur agréable, d'une saveur âcre et amère.

1144. *Oliban, encens antique.* — Extraite, par incision, du *Juniperus Lycia,* et d'après d'autres auteurs de la *Boswelia serrata;* nous vient de l'Afrique et de l'Arabie en masses ou en larmes plus ou moins transparentes, jaunâtres, fragiles, d'une saveur amère et nauséabonde, qui répandent en brûlant une odeur agréable.

1145. *Opoponax.*—Extraite, par incision, de la racine du *Pasticana opoponax;* elle nous vient du levant en larmes ou en grains, d'une odeur désagréable, d'une saveur âcre et amère, friables, rougeâtres à l'extérieur, blancs sales à l'intérieur.

1146. *Scammonée.* — Extraite du *Convolvulùs scammonea ;* celle qui nous vient d'Alep est d'un gris cendré, légère, friable, brillante ; celle qui nous vient de Smyrne est noire, plus pesante, moins friable que la première, et beaucoup moins estimée.

1147. *Aloès.* —De *l'Aloe soccotrina.* On en distingue trois espèces : l'aloès soccotrin, l'aloès hépatique et l'aloès caballin, employés les deux premiers en médecine, et le troisième en médecine vétérinaire. L'aloès soccotrin est d'un rouge brunâtre, demi-transparent, friable, d'une saveur très amère et d'une odeur nauséabonde. L'aloès hépatique est d'une couleur plus foncée et moins brillante que celle du précédent. L'aloès caballin est bien moins pur que les deux premiers.

TROISIÈME DIVISION.

SUBSTANCES ORGANISANTES ANIMALES.

PREMIER GENRE :

BILE ET PICROMEL.

1148. La bile (879) est une substance alcaline élaborée par la glande du foie, et qui découle par le canal cholédoque dans le duodénum, où, en alcalinisant le chyme, elle lui communique les propriétés organisatrices du chyle.

1149. La bile est une de ces substances complexes dont l'analyse atteste hautement l'impuissance des procédés de l'ancienne chimie. Rien en effet n'est plus variable que les résultats qu'elle présente, non-seulement selon les espèces d'animaux, mais encore dans la même espèce. Il suffit de lire les conclusions des travaux chimiques même les plus récens pour en reconnaître l'insuffisance et l'indécision.

1150. D'après Thénard, la bile de bœuf renferme, sur 800 parties, 700 d'eau, 69 de picromel, *un corps gras acide,*

une moindre quantité de cholestérine, très peu de matière jaune *provenant du mucus altéré*, du phosphate et du sulfate de soude, 10,3 de chlorure de sodium et de potassium, 1,2 de phosphate de chaux, et des traces d'oxide de fer.

1151. D'après Berzélius, elle est composée de 907,7 d'eau, de 80,0 d'*une matière particulière non azotée*, amère et douceâtre, de 3 parties de mucus de la vésicule du fiel, de 9,6 d'alcali et de *sels communs à tous les fluides des sécrétions*.

1152. Les deux volumes que Tiedmann et Gmelin ont publiés *sur la digestion* n'ont certes pas simplifié la question. D'après eux la bile de bœuf serait composée d'un *principe odorant volatil*; de choline *ou* graisse biliaire *ou* cholestérine; de *résine biliaire*, d'*arparagine biliaire*; de *picromel*; d'une matière colorante; d'une *matière très azotée*, peu soluble dans l'eau, soluble dans l'alcool à chaud; d'une *matière animale semblable à la gliadine* (288); d'une *matière soluble* dans l'eau et dans l'alcool, précipitable par la dissolution de noix de galle (*osmazome*)? d'une *matière répandant une odeur résineuse* à une légère chaleur; d'une *matière soluble dans l'eau*, insoluble dans l'alcool, précipitable par les acides (matière caséeuse)? de *mucus*, de bicarbonate d'ammoniaque; de stéarate, oléate, acétate, cholate, bicarbonate, phosphate et sulfate de soude (avec peu de potasse); de chlorure de sodium, phosphate de chaux; de 0,915 eau.

1153. On peut porter le défi à un chimiste de se rencontrer, dans un nouveau travail, avec l'une ou l'autre de ces analyses, et de ne pas augmenter encore le nombre des substances indéterminées qui figurent sur ces listes, et cela en raison des soins qu'il apportera à l'analyse.

1154. Nous avons dit ailleurs que Cadet avait considéré la bile comme un savon à base de soude, mêlé avec du sucre de lait. Dans cette hypothèse, qui est en harmonie avec tous les faits observés, toutes les autres substances qui rentrent dans la composition de la bile n'en seraient que des accessoires.

1155. Aussi la bile de porc n'est-elle véritablement qu'un savon presque sans mélange d'albumine, de picromel.

1156. La bile des oiseaux est fortement albumineuse; son picromel n'est pas sucré.

1157. La bile des poissons ne paraît pas renfermer de résine; son picromel est très sucré et légèrement âcre.

1158. La bile humaine est tantôt verte, tantôt incolore, presque toujours d'un brun jaunâtre. Elle ne renferme pas de picromel. Elle renferme d'autant moins de résine que le foie passe plus au gras. Elle varie enfin selon le genre de maladies qui l'affectent.

1159. Qu'est-ce maintenant que le picromel (matière amère et sucrée)? Est-ce une substance immédiate ou un simple mélange de deux ou plusieurs principes déjà connus? L'hétéréogénité seule de ses deux qualités indiquait suffisamment la complexité de sa composition; mêlez en effet du sucre avec une matière amère, n'aurez-vous pas un picromel? Or si déjà les chimistes avaient obtenu à part une matière sucrée et une matière amère, comment se refuser à admettre qu'à la faveur de certains menstrues ces deux principes pouvaient se trouver plus ou moins intimement associés?

1160. Le picromel, d'après Thénard, à qui nous sommes redevables de sa découverte, est incolore; il a le même aspect et la même consistance que la térébenthine épaisse; son odeur est nauséabonde; sa saveur, d'abord âcre et amère, devient ensuite sucrée; il est plus pesant que l'eau; il est soluble dans l'eau et l'alcool ainsi que dans la résine de la bile. On obtient le picromel après avoir précipité la matière jaune et la résine de la bile par l'acétate de plomb, en versant dans le liquide filtré du sous-acétate de la même base; le picromel se combine avec l'oxide et se précipite sous forme de flocons blancs. On sépare le plomb au moyen du gaz hydrogène sulfuré. Or toutes ces circonstances s'expliquent très bien par un mélange de résine, de sucre et d'al-

cali ou d'un acide. C'est l'opinion qu'a adoptée Braconnot après une analyse spéciale du picromel[1]. Il considère le picromel comme un mélange d'une résine acide particulière qui en constitue la plus grande partie ; d'acide margarique, d'acide oléique, d'une *matière animale;* d'une *matière très amère* de nature alcaline, d'un principe sucré incolore qui devient *pourpre, violet* et *bleu par l'acide sulfurique* ; enfin d'une *matière* colorante verte. Mais tel est le sort des travaux chimiques; on ne semble rayer une substance jusque là immédiate des catalogues chimiques, que pour en créer plusieurs autres dont on ne sait plus comment déterminer la nature. Les résultats de Braconnot sont un nouvel exemple de cette fatalité qui pèse sur l'ancienne méthode. On pourrait d'avance, et sans crainte de se compromettre, appliquer les principes de la nouvelle méthode au dépouillement de ces nouveaux mélanges. Je me contenterai d'une application plus positive que je puise dans ce que j'ai déjà dit au sujet du réactif du sucre (684). Le picromel renferme du sucre, de l'albumine, mais surtout de l'huile. L'acide sulfurique concentré doit donc rendre ce mélange purpurin. D'un autre côté, cette substance doit renfermer une certaine quantité des hydrochlorates de la bile ; l'acide sulfurique élimine l'acide hydrochlorique de ces sels. Or celui-ci a la propriété de faire passer l'albumine du violet au bleu (156); couleur qui deviendra sensible, lorsque disparaîtra la couleur purpurine du mélange de sucre et d'albumine, à mesure que l'acide se saturera d'eau, au contact de l'air (692).

DEUXIÈME GENRE :

SUC PANCRÉATIQUE.

1161. Le suc pancréatique découle de la glande *pancréas* dans le duodénum, où il contribue probablement,

(1) *Annal. des Sc. d'obs.*, tom. III, p. 442. 1830.

comme la bile, à la chylification du chyme. L'analyse en est encore à faire ; on est porté, par l'analogie de structure de l'organe qui le secrète, à le croire semblable à la salive.

TROISIÈME GENRE :

SALIVE (1160.)

1162. La salive de l'homme se compose, d'après Berzélius, de 992,9 d'eau, 2,9 de matière particulière, 1,4 de mucus, 1,7 d'hydrochlorates alcalins, 0,9 de lactate de soude (874) et matière animale, 0,2 de soude. Les cendres contiennent beaucoup de phosphate de chaux et un peu de phosphate de magnésie. Le *tartre* des dents, qui paraît être un sédiment de la salive, est composé, d'après le même auteur, de 79 de phosphate terreux, 12,5 de mucus non décomposé, 1 de *matière particulière* à la salive, 7,5 de matière animale soluble dans l'acide hydrochlorique.

1163. Lassaigne a obtenu des résultats tout différens dans l'analyse de la salive du cheval, et les auteurs qui analyseront encore la salive de l'homme et celle du cheval ne manqueront pas de trouver des résultats différens encore, et des matières nouvelles particulières à la salive. Car, au milieu de ce dédale, il faut bien donner un nom aux mélanges dont on ne peut plus déterminer les élémens.

1164. L'analyse microscopique est seule propre à donner la solution de toutes ces anomalies. On y voit que la matière animale soluble seulement dans l'acide hydrochlorique se compose des fragmens caduques de la muqueuse de la cavité buccale (577); qu'outre les sels ci-dessus, parmi lesquels il ne faut pas oublier le sel marin, il existe dans la salive une grande quantité d'hydrochlorate d'ammoniaque (440); quant au lactate, nous en avons déjà déterminé les principes (874). En conséquence, la salive ne me paraît qu'une solution albumineuse, mêlée à divers sels susceptibles d'en

altérer plus ou moins la solubilité dans l'eau (468), et à des lambeaux de tissus. La quantité des sels ammoniacaux et des lambeaux membraneux varie selon les circonstances; à jeun, on en trouve beaucoup plus qu'après que la bouche a été nettoyée par les alimens ou par les breuvages.

QUATRIÈME GROUPE.

SUBSTANCES ORGANIQUES.

I^RE DIVISION. — SUBSTANCES VÉGÉTALES.

I^RE SECTION.

PRODUITS NATURELS.

1165. Je diviserai les produits naturels en deux ordres : les produits de l'organisation, c'est-à-dire, ceux qui sont le résultat de l'action normale des organes, pendant la durée de leur développement; et les produits de la décomposition, c'est-à-dire les produits de la désagrégation des élémens des organes.

ORDRE IER. — PRODUITS DE L'ORGANISATION.

PREMIER GENRE :

ACIDES VÉGÉTAUX.

1166. Le nombre des acides végétaux s'est multiplié depuis plusieurs années de manière à faire présager que, par suite de la direction imprimée à l'analyse végétale, bientôt chaque espèce de plante aurait son acide particulier. Certaines palinodies obligées [1] n'ont pas ralenti l'ardeur de

(1) On se rappelle encore sans doute le rapport pompeux de l'académie de médecine sur la découverte de l'acide *codéique* (2e acide de l'opium), qui le lendemain s'est trouvé n'être que de l'acide hydrochlorique, dont l'auteur avait perdu les traces. J'ai déjà fait pressentir, en parlant des acides gras (1020), que ce ne sera pas là la seule méprise de ce genre.

nos analystes novateurs ; et la liste de ces équivoques produits reste encore ouverte à quiconque veut s'y faire inscrire. Mais ce que nous avons dit, dans divers endroits de cet ouvrage (300, 505, 862), au sujet des caractères illusoires qu'un mélange de substances connues est capable de prêter à un acide déjà connu, se représente avec plus de force encore, quand il s'agit du mélange possible des acides entre eux ; et peut-être trouvera-t-on un jour que les acides organiques les plus généralement admis ne sont qu'un mélange de deux acides voisins sur la liste. Il arrive en effet un point d'association moléculaire, où les réactifs, qui agissent isolément sur chaque élément du mélange réduit à lui-même, sont impuissans pour en déceler la présence, quand il se trouve associé à un autre élément. L'acide acétique refuse de s'évaporer, quand il est intimement uni à la portion la moins phosphatée de l'albumine (868), et l'albumine refuse de se coaguler par l'alcool, quand elle est unie, dans une certaine proportion, avec l'acide acétique. En conséquence, l'alliance d'une résine (1133), d'une huile grasse (1040), d'une huile essentielle (1118), de la gomme (662), du gluten (288), avec un acide connu, suffira pour déjouer l'action des réactifs ordinaires, et pour lui communiquer les caractères d'un acide nouveau.

1167. Il est encore une autre source d'illusions d'autant plus féconde que jamais l'analyse élémentaire n'a pris soin de s'en occuper ; je veux parler des bases terreuses ou métalliques, etc., qui sont capables de se trouver combinées en faible proportion avec un acide quelconque. Laugier a déjà fait l'observation que l'acide mucique préparé avec la gomme contient du mucate et de l'oxalate de chaux, dont il prétend qu'on peut le débarrasser par de l'acide nitrique affaibli, dissous dans l'eau bouillante, en filtrant ensuite et laissant l'acide mucique pur se déposer par le refroidissement. L'observation de ce fait, isolée de l'induction qui l'accompagne, vient à l'appui de ce que j'ai déjà dit au sujet des caractères des gommes (652). Car j'ai fait observer

qu'il était irrationnel de voir un caractère spécifique d'une gomme dans un produit qu'on peut tout aussi bien attribuer aux substances qui se trouvent mélangées avec elle. L'acide nitrique affaibli, employé par Laugier pour enlever les mucates et les oxalates, ne servirait qu'à diminuer la quantité du mélange acide, dans le cas où l'acide mucique ne serait pas un produit immédiat. Il fallait aller plus loin, et s'assurer par l'incinération s'il ne restait plus de base dans l'acide purifié.

1168. Ces principes une fois posés, nous nous garderons bien de donner l'histoire complète de tous les acides enregistrés, sans vérification, dans nos catalogues de chimie. Nous nous contenterons de signaler ceux qui se présentent le plus communément à l'état libre ou combiné dans les végétaux.

1169. Acide acétique ou acéteux. — Incolore, volatil, d'une odeur agréablement piquante, cristallisant à 16°,7, entrant en ébullition à 119,3, et alors inflammable et brûlant comme l'alcool avec une flamme bleue; soluble dans l'éther et l'alcool, et dans l'eau dont il est très avide; dissolvant l'albumine, les résines, la gomme, etc., ne se décomposant qu'en partie à travers un tube de porcelaine chauffé au rouge, et formant avec toutes les bases, des sels solubles, dont ceux à base alcaline peuvent seuls soutenir la fusion, sans altération notable.

1170. L'acide le plus concentré renferme encore 14,18 pour 100 d'eau et pèse 1,063. Il augmente de densité en s'étendant d'eau, jusqu'à ce qu'il en renferme 1,407 pour 100; il pèse alors 1,0713. A partir de ce degré, il diminue de densité, à mesure qu'on l'étend de nouvelles quantités d'eau, en sorte qu'avec 118,2 d'eau, il reprend la densité de sa plus grande concentration = 1,063.

1171. On le prépare; 1° en faisant réagir le gluten et l'alcool (696) l'un sur l'autre, et distillant jusqu'au tiers le produit de la fermentation acide; 2° en décomposant à une

douce chaleur un acétate desséché par l'acide sulfurique concentré ; 3° en soumettant à l'action de la chaleur le deuto-acétate de cuivre ; 4° en distillant du bois, recueillant les produits liquides, qui se composent de goudron, d'eau, d'huile empyreumatique, d'esprit pyro-acétique et d'acide acétique ; on purifie l'acide en le combinant avec la chaux et l'en séparant par le sulfate de soude ; et enfin en éliminant l'acide de l'acétate de soude, au moyen du deuxième procédé. L'acide étant volatil se dégage en vapeur dès qu'il est libre, et on le recueille dans un récipient. Quand on distille un mélange d'eau et d'acide acétique, comme est le vinaigre, les derniers produits sont plus concentrés que les premiers, vu que l'eau est plus volatile que l'acide, et passe toujours en plus grande quantité que lui. Pour le concentrer autant qu'il est possible de le faire, on le distille sur du chlorure de calcium. Par le troisième procédé, on obtient toujours, à la première distillation, un peu d'acétate de cuivre, sel vénéneux dont on le débarrasse par une seconde distillation. (On le connaît sous le nom de vinaigre radical.)

1172. Le vin exposé à l'air se convertit spontanément en vinaigre ; on le décolore au charbon animal.

1173. L'acide acétique, en se modifiant par des mélanges, est susceptible de prendre des caractères trompeurs. L'acide suivant n'est pas le seul, dans les catalogues, qu'il soit permis de considérer comme une de ses modifications.

1174. Acide formique. — Déjà Fourcroy avait émis l'opinion que l'acide formique n'était que de l'acide acétique modifié par une huile volatile. En effet l'acide formique possède presque tous les caractères de l'acide acétique ; et les seules différences qu'il présente sont les suivantes : il réduit et précipite les sels d'argent et de mercure, avec dégagement de gaz oxide de carbone ; il forme avec la magnésie et la chaux des sels cristallisables (ceux de l'acide acétique sont déliquescens); le formiate de plomb est bien moins so-

luble que l'acétate, et ne contient pas d'eau de cristallisation; aucun degré de froid, d'après Gmelin, ne peut le congeler; l'acide sulfurique le convertit en oxide de carbone et en eau. Aucune de ces différences ne me paraît militer contre l'opinion émise par Fourcroy, en ce sens que l'acide formique est de l'acide acétique modifié par une substance quelconque (1165). L'odeur de l'acide formique, qui est celle des fourmis qu'on irrite, n'établit pas une différence plus importante. Je me suis assuré, dans bien des circonstances, combien les mélanges modifient l'odeur des acides. Le chlore ou l'acide hydrochlorique fait dégager de la peau humaine une odeur tout-à-fait hircine.

1175. On obtient l'acide formique, en distillant les fourmis avec leur double d'eau, jusqu'à ce que le produit commence à devenir empyreumatique; ou bien en traitant les fourmis écrasées par un carbonate alcalin, mélangeant le formiate avec du sulfate de fer, filtrant et évaporant jusqu'à consistance sirupeuse, et distillant ensuite par l'acide sulfurique (303). Dobœreiner a découvert qu'on peut préparer de l'acide formique en traitant par la chaleur un mélange de 1 p. d'acide tartrique cristallisé, de 1/2 p. de suroxide de manganèse en poudre, et 2 et demie d'acide sulfurique à 1,85, dissous dans deux à trois fois son poids d'eau. Il se dégage en abondance de l'acide carbonique. On distille le liquide quand l'effervescence a cessé.

1476. ACIDE CARBONIQUE[1]. — L'acide carbonique est tout aussi répandu dans le règne minéral que dans le règne organique; mais comme dans celui-là il provient de l'action des matières terreuses sur les êtres organisés (237), ou de leur combinaison avec la portion exhalée par les corps organisés (603), nous pouvons le considérer comme appartenant au règne organique (végétal et animal). L'acide car-

(1) Les couches carbonatées du globe renferment toutes des dépouilles d'animaux et de végétaux. Là où il n'y a rien d'organique, il n'existe presque aucun carbonate, à moins qu'il ne s'y soit formé, après coup, et par infiltration.

bonique est un gaz plus pesant que l'air, éteignant les lumières, susceptible, d'après Faraday, de se condenser en un liquide incolore, à la température de zéro et sous la pression de 40 atmosphères; sa saveur est un peu astringente; le tournesol, rougi par cet acide, revient au bleu quelques instans après, à cause de la volatilité de l'acide. A la chaleur rouge, il se transforme en majeure partie en oxide de carbone, quand on le traite par le charbon ou par d'autres corps combustibles; l'eau en absorbe jusqu'à 1,06 de son volume. Il forme, avec la chaux, la baryte, etc., des sels insolubles, et des sels solubles avec la potasse, la soude, et enfin des sels volatils avec l'ammoniaque.

1177. On l'obtient en traitant un carbonate par un acide même végétal, ou bien en calcinant les carbonates, ou bien enfin par la fermentation saccharine. On recueille le gaz sous le mercure ou bien sous l'eau aiguisée déjà d'un acide.

1178. Les *eaux gazeuses* et les *vins mousseux* doivent leurs propriétés à l'acide carbonique dont elles sont saturées, et qui tend à s'échapper avec d'autant plus de violence que la température est plus élevée.

1179. L'acide carbonique est expiré par les animaux et décomposé par les végétaux (603, 1106).

1180. ACIDE OXALIQUE. — Par sa composition élémentaire (*voyez ci-dessous*), d'après Berzélius et Dobœreiner, l'acide oxalique ne serait que de l'acide carbonique moins oxigéné. Il en diffère immensément par tous ses caractères physiques et chimiques. D'après les chimistes français au contraire, et surtout d'après Dulong, l'acide oxalique peut être considéré comme formé d'eau et d'acide carbonique. Les expériences de ce dernier savant donnent la clé de la discordance qui existe à cet égard. Berzélius a opéré sur l'oxalate de plomb; or Dulong a démontré que l'acide oxalique sublimé se combine sans perte de poids avec la baryte, la strontiane, la chaux; qu'il éprouve au contraire une perte de 20 pour 100 en se combinant avec les oxides de

plomb, de zinc, de mercure, d'argent et de cuivre; et que l'acide de l'oxalate de plomb, chauffé convenablement, peut être privé entièrement d'hydrogène, qu'il reprend si on le décompose par l'acide sulfurique hydraté ou par l'hydrogène sulfuré.

1181. L'acide oxalique se volatilise sans résidu charbonneux; il cristallise facilement en prismes à quatre pans tronqués sur les arêtes et terminés par des pyramides tronquées, solubles dans une p. d'eau à 100°, et dans dix à la température ordinaire, dans 4 à 5 p. d'alcool bouillant; ils contiennent 16,586 pour cent d'eau, dont ils perdent la moitié en s'effleurissant à l'air. Il précipite la chaux de tous les sels, même des sulfates.

1182. L'acide oxalique se trouve à l'état libre dans les poils (164) du pois chiche (*cicer arietinum*, L.); on l'a trouvé cristallisé sur la surface du *Boletus sulfureus*. Il n'est peut-être pas de plante qui n'en renferme à l'état de combinaison. Le *sel d'oseille*, que l'on tire du *Rumex acetosella* ou de l'*Oxalis acetosella*, est du quadroxalate ou oxalate acide de potasse.

1183. On se sert de l'acide oxalique comme réactif de la chaux, comme moyen d'aviver le carthame, et du sel d'oseille pour enlever les taches d'encre; la présence de l'étain est indispensable pour cette réaction.

1184. On prépare l'acide oxalique 1° en faisant réagir 3 p. d'acide nitrique sur 1 p. de fécule ou de toute autre substance végétale (225). Il se produit alors de l'eau, de l'acide carbonique, de l'azote, du deutoxide d'azote, de l'acide nitreux, de l'acide acétique, de l'acide malique, et de l'acide oxalique qui cristallise par le refroidissement; 2° en décomposant à chaud l'oxalate de baryte par l'acide sulfurique étendu de 5 p. d'eau et filtrant; 3° en décomposant 50 p. de sel d'oseille (1181) dissoutes dans 750 p. d'eau bouillante, par 150 p. d'acétate de plomb, traitant l'oxalate de plomb par 37 et demi d'acide sulfurique concentré étendu

de 5 p. d'eau, filtrant et évaporant. Le deuxième procédé n'est pas susceptible d'être employé en grand.

1185. ACIDE MALIQUE. — Déliquescent et par conséquent cristallisant d'une manière indéterminée, très soluble dans l'eau et dans l'alcool, possédant la saveur de l'acide citrique et de l'acide tartrique, ne précipitant ni la potasse, ni la chaux, ni la baryte, et formant avec le plomb un sel peu soluble dans l'eau froide, mais assez soluble dans l'eau chaude; par l'action de la chaleur, ses cristaux se décomposent en deux produits, l'un liquide qu'on a appelé acide *pyromalique*, et l'autre cristallin. Le produit liquide se volatilise sans altération, et il précipite l'acétate de plomb et le nitrate de mercure.

1186. L'acide malique existe à l'état libre dans les fruits (pommes, poires, prunes, etc.), dans les feuilles de joubarbe; mêlé avec de l'acide citrique (groseilles, framboises, etc.); avec le même et l'acide tartrique dans la pulpe du tamarin; avec l'acide oxalique dans les pois chiches. L'acide *sorbique* n'est que l'acide malique obtenu à un plus grand état de pureté (1166), et peut-être l'acide malique n'est-il qu'une combinaison d'acide (1165) acétique et d'acide oxalique ou d'acide tartrique. Cette idée est peut-être moins conjecturale qu'on ne le pense.

1187. On l'extrait du suc de joubarbe, en saturant par la chaux, évaporant aux trois quarts, lavant avec l'alcool à 15°, décomposant par le nitrate de plomb dans l'eau bouillante, et décomposant le malate de plomb par l'acide hydrosulfurique.

1188. ACIDE TARTRIQUE. — Cristallisable en prismes hexaèdres, précipitant, de leurs solutions concentrées, la potasse, la soude et l'ammoniaque en *bitartrate presque insoluble* (pl. 6, fig. 13 et 14); précipitant la chaux, la baryte, la strontiane, l'acétate et le plomb, en sels qui se redissolvent dans un excès d'acide, mais ne précipitant aucune de ces bases de leur combinaison avec un acide minéral; se convertissant, par l'action de la chaleur, en acide acétique, eau

et acide pyrotartrique, et laissant un résidu charbonneux considérable, qui répand l'odeur de caramel; soluble dans 2 p. d'eau froide et 1 d'eau bouillante, moins soluble dans l'alcool.

1189. L'acide pyrotartrique se volatilise sans décomposition totale; il cristallise en prismes fins entrelacés; il précipite le nitrate de mercure, finit par produire un dépôt cristallin dans l'acétate de plomb. Quelle différence essentielle existe-t-il entre l'acide pyromalique et l'acide pyrotartrique? Les chimistes croient avoir démontré leur différence avec l'acide acétique, en ce qu'il précipite les sels de plomb. Cela ne prouverait qu'une seule chose, c'est que ce n'est pas de l'acide acétique seul (1165).

1190. L'acide tartrique se trouve combiné, à l'état de bitartrate de potasse et de tartrate de chaux, dans le raisin.

1191. On le prépare en grand en transformant le bitartrate de potasse en tartrate de chaux au moyen de la craie et du chlorure de calcium, et en éliminant ensuite la chaux par de l'acide sulfurique.

1192. Acide citrique.—Cristallisable en prismes rhomboïdaux inaltérables à l'air; en dissolution concentrée, précipite la chaux, la baryte, la strontiane, l'acétate de plomb, mais non l'acétate de chaux, les nitrates de plomb et de mercure, ni la potasse (1187); par la torréfaction, il se boursouffle, dégage de l'acide acétique, de l'acide *pyrocitrique* qui ne diffère pas, à mes yeux, des acides *pyromalique* et *pyrotartrique;* et il laisse un résidu charbonneux.

1193. L'acide citrique se trouve à l'état de pureté dans le jus de citron, et mêlé avec l'acide malique dans plusieurs fruits (1185).

1194. On en prépare en abandonnant le jus de citron à lui-même pour en séparer le mucilage; on le combine avec la chaux, et on l'isole en s'emparant de la chaux par 2 $\frac{1}{2}$ d'acide sulfurique concentré dans 2 p. d'eau; on filtre et on évapore jusqu'à 40° de Beaumé; on fait cristalliser l'a-

cide à l'étuve à plusieurs reprises, en ayant soin de le décolorer par le charbon animal. L'addition d'une faible quantité d'acide sulfurique facilite la cristallisation de l'acide citrique.

1195. L'acide citrique sert à faire des limonades, à aviver la couleur de carthame, et à durcir et à blanchir le suif.

1196. ACIDE MUCIQUE (1166). — Pulvérulent, peu sapide, insoluble dans l'alcool, peu soluble dans l'eau, donnant, par la chaleur, de l'eau, de l'acide acétique, de l'huile empyreumatique, et un acide *pyromucique* (1188) qui diffère à peine de ceux dont nous avons déjà parlé ; il reste ensuite un résidu charbonneux considérable. L'acide mucique ne produit des combinaisons solubles qu'avec la potasse, la soude, l'ammoniaque et les alcalis végétaux.

1197. On l'obtient en faisant réagir l'acide nitrique sur la gomme (658) ou sur le sucre de lait (741), à l'aide de la chaleur ; l'acide mucique se précipite pendant le cours de l'expérience. Voyez ce que nous en avons dit ci-dessus (652, 1167).

1198. Cet acide est sans usages.

1199. ACIDES BENZOÏQUE (1135) ET SUCCINIQUE. — Ces deux acides ont la plus grande analogie entre eux. Ils cristallisent tous les deux en prismes rectangulaires, terminés par une pyramide à quatre faces; mais l'acide succinique en prismes beaucoup moins longs. Le premier est moins soluble dans l'eau que le second ; ils sont tous les deux également solubles dans l'alcool, l'acide nitrique, et se volatilisent, sans décomposition, quand on les soumet, pendant leur fusion, à un courant de gaz hydrogène ou d'acide carbonique. Leurs sels se décomposent par la chaleur, en laissant un résidu charbonneux, ils précipitent en rougeâtre le peroxide de fer de ses combinaisons, quand même le liquide ne renfermerait que $\frac{1}{5000}$ de ces dernières ; mais les benzoates de baryte, de chaux, sont solubles, et les succinates des mêmes bases sont insolubles. Des acides fondés sur de simples dif-

férences de solubilité sont bien près de se trouver identiques ; nous avons vu déjà bien des fois à quoi tient le plus ou moins de solubilité.

1200. En poussant un peu plus loin les règles de l'analogie, on peut concevoir que l'analyse découvre un jour que ces acides ne sont qu'une combinaison de résine ou d'huile essentielle avec un acide connu.

1201. On obtient l'acide succinique en distillant dans une cornue en verre le succin à une chaleur graduée ; une partie cristallise au col de la cornue, et l'autre se rend dans l'allonge ; celui-ci est altéré par de l'huile empyreumatique dont on le dépouille en le traitant par son poids d'acide nitrique, et le faisant cristalliser à l'eau bouillante.

1202. On obtient l'acide benzoïque en sublimant, à plusieurs reprises, le benjoin dans une cornue en verre, fermée par du papier ; l'acide benzoïque cristallise au col de la cornue. Ce produit a une odeur balsamique, dont on le dépouille par une distillation à feu modéré ou par cristallisation, de sorte que la masse soit réduite à $\frac{7}{10}$.

1203. L'acide benzoïque se rencontre dans plusieurs baumes (1133) ou résines, dans la vanille, la cannelle, la fève de tonka, le mélilot, le *Calamus*, la flouve odorante, l'*Holcus odoratus*, l'anis, dans l'urine des herbivores et des enfans nouveau-nés, *toujours associé à une substance résineuse* (1135).

1204. L'*acide sébacique* de Thénard n'est, d'après Berzélius, que de l'acide benzoïque (1049).

1205. Acide gallique. — Cristallise par refroidissement en aiguilles incolores ; par l'action de la chaleur, il se décompose et se volatilise en partie; soluble dans l'eau et dans l'alcool; il produit un précipité bleu foncé dans les dissolutions de sels de peroxide de fer ; se décompose par l'action simultanée de l'air et des bases alcalines, précipite la baryte en vert ou vert bleuâtre, si la baryte est neutralisée ou en excès, et en rouge, si l'acide gallique prédo-

mine. A l'abri du contact de l'air, le précipité est blanc [1].

1206. On le prépare : 1° en abandonnant au contact de l'air une dissolution aqueuse de *noix de galle* (excroissance sphérique que la présence d'un insecte fait naître sur les feuilles de chêne). Le tannin se décompose et l'acide gallique se dépose légèrement coloré ; on le décolore en le traitant par $\frac{1}{6}$ de charbon animal dans huit parties d'eau bouillante ; 2° en distillant la noix de galle dans une cornue de verre ; 3° en précipitant le tannin d'une décoction de noix de galle, à l'aide d'une dissolution d'albumine, filtrant, évaporant, traitant le résidu par l'alcool concentré bouillant ; faisant cristalliser par évaporation et décolorant par le charbon animal. La volatilisation est le seul moyen de le séparer du tannin dont il retient toujours une partie, et, dans le troisième procédé, de l'albumine dont il doit toujours conserver plus que des traces. (862)

1207. Tannin. — Il faudrait en vérité professer une croyance aveugle aux anciens principes de chimie organique, pour refuser d'admettre que le tannin n'est qu'une association de substances résineuses et d'un acide qui est ordinairement l'acide gallique, lequel les rend solubles dans l'eau (1128). Car 1° jusqu'à présent il a été impossible de se procurer le tannin sans acide gallique ; 2° en traitant une résine quelconque et le charbon par l'acide nitrique, le camphre, les résines et les essences par l'acide sulfurique, on obtient un tannin artificiel, qui jouit de toutes les propriétés du tannin de la noix de galle et de l'écorce de chêne ; 3° enfin l'acide employé se retrouve toujours dans le tannin artificiel, tant que celui-ci possède ses propriétés *tannantes*.

1208. La principale propriété du tannin consiste à précipiter la gélatine en un magma insoluble et imputrescible. Le tannin est incolore à l'état de pureté, soluble dans l'eau,

(1) C'est encore là un phénomène de coloration végétale, qui peut servir à expliquer les passages réciproques d'une couleur verte en une couleur rouge, qu'on a lieu de remarquer tant de fois dans les organes des végétaux.

l'alcool, l'éther sulfurique, non déliquescent; produisant une huile jaunâtre par la distillation; précipitable par les acides à l'exception de l'acide acétique, par l'émétique; formant avec la potasse et l'ammoniaque des combinaisons peu solubles dans l'eau froide, plus solubles dans l'eau chaude, inaltérables à l'air.

1209. On trouve le tannin dans la noix de galle, dans l'écorce de chêne qui, pulvérisée, prend le nom de *tan;* dans l'écorce de quinquina, dans le cachou (extrait du *mimosa catechu*)*, dans la gomme kino, dans l'écorce du sumac, et enfin dans l'écorce d'une foule d'autres espèces ligneuses. On a remarqué : 1° que les combinaisons acides du tannin de quinquina sont plus solubles dans l'eau que celles du tannin de chêne; 2° que le tannin de cachou est moins soluble dans l'éther que celui de quinquina; que le tannin de la gomme kino est rouge, peu soluble dans l'eau froide, insoluble dans l'éther, ne précipitant ni le carbonate de potasse, ni l'émétique; 3° que le tannin de la noix de galle est insoluble dans l'alcool; et si l'on voulait poursuivre l'étude des différences que peuvent offrir les tannins divers, on en trouverait bien d'autres encore plus essentielles. Car le tannin n'étant essentiellement qu'un mélange d'un acide quelconque et d'une substance résineuse, non-seulement il doit participer des propriétés spécifiques de l'un et de l'autre de ses élémens, mais encore il peut renfermer accessoirement des bases et des corps étrangers qui ajoutent de nouveaux caractères à ses caractères essentiels.

1210. On a proposé bien des procédés pour obtenir le tannin à l'état de pureté. Mais on reconnaissait ensuite que cette pureté n'était qu'apparente et que le tannin obtenu retenait toujours une portion de tous les réactifs employés. On pense avoir mieux réussi par le procédé suivant; mais certainement on a encore tort. On filtre une infusion de noix de galle, on y verse de l'acide sulfurique affaibli à plusieurs reprises et l'on filtre chaque fois; à la dernière on

emploie l'acide sulfurique concentré. La liqueur est jaunâtre. On précipite l'acide par le carbonate de plomb; on filtre de nouveau; on évapore à siccité, dans le vide, le liquide jaunâtre; et on sépare le tannin pur du tannin altéré, au moyen de l'éther qu'on fait enfin évaporer.

1211. Le *tan* (1209) sert à préparer le *cuir* pour les usages économiques (*tannage* [1]). On fait gonfler les peaux des animaux avec de la chaux ou de l'acide sulfurique, ou de l'*eau sûre* provenant de la fermentation de la farine d'orge et de la levure de bière (708). On enlève le poil et l'épiderme des peaux, et on les plonge dans des fosses pleines d'eau, en séparant chaque couche de peaux par une couche de *tan*.

1212. La théorie de cette opération découle de la manière dont nous avons envisagé la composition du tannin. L'acide rend la résine soluble dans l'eau, et l'introduit par conséquent dans toutes les mailles et les tubes musculaires du *tissu dermoïde* (576). Là, l'acide se saturant avec les bases qui existent dans le tissu, ou qui se forment pendant la durée de l'opération, abandonne la résine, avec son insolubilité, entre les parois fibrineuses qui l'emprisonnent et qu'elle rend dès lors imperméables à l'eau.

1213. COMPOSITION ÉLÉMENTAIRE des acides ci-dessus décrits :

	Carbone.	Oxig.	Hydrog.	
Acétique...	50,224..	44,147..	5,629..	G. L. et Thénard.
	47,536..	46,642..	5,822..	Berzélius [2].
Carbonique..	27,36...	72,64...	....	Saussure.
	27,67...	72,33...	....	Thénard.

(1) Le tannage est complet au bout d'un an; mais, dans la méthode danoise, il s'achève en deux mois; on coud les peaux en forme de sacs qu'on remplit de tan, et que l'on plonge dans des fosses avec du tan et de l'eau.

(2) *Trait. de Chim., trad.*, tom. II, pag. 120, 1830. La première analyse de Berzélius est encore (748) toute différente : carb. 46,83; oxig. 46,82; hydrogène 6,35.

	Carbone.	Oxig.	Hydrog.	
Oxalique...	26,566..	70,689..	2,745..	.... G. L. et Thénard.
	33,222..	66,534..	0,244..	.... Berzélius.
	33,760..	66,240..	....	.... *Id.* (1179.)
Malique....	28,300..	54,900..	16,800..	.... Vauquelin.
	28,952..	66,429..	4,619..	.... Fromhertz.
	40,680..	54,240..	5,080..	.... Prout[1].
Tartrique...	24,050..	69,331..	6,629..	.... G. L. et Thénard.
	36,110..	59,920..	4,970..	.... Berzélius[2].
Citrique....	33,811..	59,859..	6,330..	.... G. L. et Thénard.
	41,400..	54,960..	3,640..	.... Berzélius[3].
	34,280..	61,910..	3,810..	.... Prout.
Benzoïque..	75,360..	19,720..	4,920..	.... Berzélius.
	74,410..	20,430..	5,160..	.... *Id.*
	66,740..	28,320..	4,960..	.... Dr. Ure.
Succinique..	47,990..	47,780..	4,230..	.... Berzélius.
	48,480..	47,560..	3,960..	.... *Id.* 1830.
Gallique...	57,080..	37,890..	5,030..	.... Berzélius.
	57,610..	38,690..	4,700..	.... *Id.*
Mucique ou sachlactique.	33,690..	62,690..	3,620..	.... G. L. et Thénard.
	33,280..	60,680..	5,040..	.... Berzélius.
	34,720..	60,560..	4,720..	.... *Id.*

1214. Je ne m'aventurerai pas dans le dédale des acides, que, depuis un certain nombre d'années, les chimistes ont introduits dans nos catalogues; si nos premiers travaux n'avaient pas enfin rappelé les chimistes à de plus saines idées, il est probable que ce débordement de découvertes n'aurait pas eu de terme, et que chaque végétal aurait fini par fournir un acide particulier. Celui-là était regardé auparavant comme jouant de malheur, lorsque, dans une analyse, il n'avait pas découvert le moyen de dénommer un nouvel acide. Au reste, les procédés par lesquels on se les procurait peuvent se réduire aux suivans : Si l'acide supposé n'est soluble dans l'eau qu'à l'état de combinaison, on le sature avec la potasse, et on le précipite avec l'acide hydrochlorique;

(1) Prout a analysé celui du *Sorbus aucuparia* (1186.)

(2) La nouvelle analyse de Berzélius ne diffère que dans les décimales.

(3) Il en est de même de celle-ci par rapport à la nouvelle analyse.

s'il est soluble dans l'eau, et que ses combinaisons avec certaines bases soient insolubles, on le précipite avec ces bases, qu'on élimine ensuite au moyen de l'acide sulfurique si ces bases sont de la chaux ou de la baryte, et avec l'hydrogène sulfuré si la base est le plomb. Si l'on présume que le produit est encore mélangé, on l'extrait ou par l'eau bouillante, ou par l'alcool, ou par l'éther, selon qu'il est plus soluble que les autres élémens du mélange dans l'un ou l'autre de ces trois menstrues. Mais il est facile de s'apercevoir, qu'à la faveur de ces procédés divers, on ajoute toujours une certaine quantité d'acide au mélange acide que pouvait déjà renfermer le végétal (977).

1215. Si ces principes évidens sont médités par nos lecteurs, ils ne manqueront pas d'admettre entièrement notre opinion sur la futile distinction de la gomme arabique et d'autres substances, fondée sur ce que, par l'acide nitrique, la gomme produit de l'acide mucique (658). La gomme en effet n'étant qu'une sève (819), elle doit renfermer dans son sein certains sels de la circulation qui n'existent pas dans toute autre gomme.

1216. Nous renvoyons à la liste que nous avons publiée de ces acides en 1829 (*Annales des sciences d'observation*, tome II, page 223), pour se faire une idée de l'accroissement déplorable de ces créations faciles [1].

DEUXIÈME GENRE :

MATIÈRES COLORANTES.

1217. La théorie que nous avons indiquée, en parlant de

(1) On croyait bien connaître les acides de l'opium; qui aurait élevé des doutes sur l'acide méconique? Eh bien! Robiquet assure aujourd'hui que les chimistes n'ont jamais connu le véritable acide de l'*opium;* et, sous les noms d'acides *méconique* et *para-méconique,* il en signale deux nouveaux qui ont entre eux les mêmes rapports que les acides tartrique et uvique de Kestner ou paratartrique de Berzélius.

la matière verte des végétaux (1101), s'applique immédiatement à toutes les matières colorantes du règne organisé, y compris même la matière colorante du sang (930); les métamorphoses curieuses que l'oxigénation fait subir à leurs nuances viennent tout-à-fait à l'appui de sa vraisemblance; d'un autre côté, le fer se trouve dans les cendres de toutes ces substances, ainsi que les alcalis; et ces deux élémens, totalement perdus de vue par tous les chimistes qui ont eu lieu de s'occuper des matières colorantes, sont peut-être les seules bases d'une solution heureuse du problème.

1218. Ces espèces de *caméléons végétaux* (1105) sont toujours associées essentiellement à une substance résineuse qui leur sert pour ainsi dire de matrice et de véhicule, et accessoirement elles entraînent avec elles du *mucilage* (667) qui s'oppose à leur isolement et leur prête des caractères étrangers.

1219. Je suis porté à admettre, par analogie (66,210), qu'aucune d'elles n'est réellement soluble, et qu'elles n'existent qu'à l'état de suspension dans les liquides qu'elles colorent. Une combinaison intime d'une substance avec un liquide ne doit nullement en modifier la limpidité; au reste, je me suis assuré directement que la plupart des dissolutions de matière colorante signalées par les chimistes, et entre autres, celle de l'indigo dans l'acide sulfurique, ne sont que des suspensions de la matière colorante à un état même très grossier de division.

§ 1. Espèces les plus employées de matière colorante.

1220. Matières colorantes rouges. — 1° *Garance, alizari* (racine du *Rubia tinctorum*); renferme une matière colorante jaune, soluble dans l'eau froide, et une matière colorante rouge, légèrement acide (1166), soluble (1219) dans l'alcool et dans l'acide sulfurique, les huiles de térébenthine, de pétrole, inattaquable par les alcalis, et dont la première altérerait la beauté, si on n'avait soin de l'en séparer par une macération plus ou moins prolongée dans l'eau. Robiquet et

Collin isolent la matière rouge, qu'ils ont nommée alizarine, soit en sublimant la portion précipitée par l'eau de l'alcool, soit en précipitant par l'eau la dissolution sulfurique, en purifiant le précipité par l'alcool d'où on précipite la matière rouge pure par l'eau. Il faut observer que sans une certaine précaution, l'acide sulfurique, qui charbonne *tout* ce qui n'est pas matière colorante, pourrait bien aussi charbonner celle-ci. Il me paraît évident que cet effet doit toujours avoir lieu en partie, à moins qu'on ne pense qu'en vertu d'une loi encore indéterminée, l'acide sulfurique fasse un choix parmi les substances qu'il est avide de désorganiser. La matière colorante rouge, d'après Saigey, cristallise en prismes à base carrée, terminés par un biseau de 15 degrés (pl. 11, fig. 1 [1]). Ces cristaux ont à peine l'épaisseur de $\frac{1}{300}$ de millimètre; mais ils sont très longs. Ils s'accolent, soit par leurs grandes faces, et alors ils composent de gros faisceaux primatiques à 6 pans, dont l'extrémité dégénère en une pointe hérissée de biseaux (fig. 2); soit sous un angle de 15°, et alors ils forment des ramifications en barbes de plumes, dont les nervures sont de gros faisceaux prismatiques, jetant dans le même sens des aiguilles inclinées de 15° (fig. 3) sous forme de dentelures. Le point A est celui par lequel tout l'ensemble tient au réfrigérant; car ces belles cristallisations ont été obtenues par voie de sublimation. Leurs aiguilles sont transparentes, mais leur couleur en varie du rouge purpurin au jaune rougeâtre et même au blanc sale. On obtient celle-ci quand on sublime la gelée de garance préalablement lavée à l'eau sur le filtre. Il faut donc considérer ces cristaux comme formés d'une matière résineuse, plus ou moins colorée par le rouge de garance (1217). Saigey, qui a assisté à toutes les expériences faites à cet égard par Kœchlin de Mulhausen, n'a jamais rien vu d'analogue à l'alizarine blanchâtre dont parle Robiquet.

(1) Nous devons ce dessin à l'obligeance de Saigey qui l'a calqué à un grossissement de 250 diamètres. (*Bull. des Sc. phys. et chim.* septembre 1827, p. 198.)

1221. 2° *Orcanette* (racine de l'*Anchusa tinctoria*). — Insoluble dans l'eau, soluble dans l'éther, l'alcool, les acides, les huiles grasses et volatiles qu'elle colore en beau rouge ; soluble encore dans les alcalis qui la font virer au bleu. Les acides la ramènent au rouge.

1222. 3° *Carthame* (pétales du *Carthamus tinctorius*). — De même que la garance, renferme un principe jaune soluble dans l'eau et un principe rouge soluble dans les carbonates alcalins qui la font virer au jaune. On la précipite en rouge par un acide ; le précipité est plus beau avec les acides citrique, tartrique ou acétique, qu'avec un acide minéral. Elle est insoluble dans les huiles grasses et volatiles.

1223. 4° *Bois de santal rouge* (*pterocarpus santolinus.*) — Résine insoluble dans l'eau, soluble dans l'alcool, et encore mieux dans l'éther qui se colore d'abord en jaune, puis en rouge et enfin en brun ; faiblement soluble dans les huiles grasses et volatiles ; fusible à 100°. Sa solution alcoolique précipite le chlorure d'étain en pourpre, le sulfate de fer en violet foncé, le chlorure de mercure en rouge écarlate, le nitrate d'argent en rouge brun.

1224. 5° *Bois de Brésil* (*Cæsalpina sapan, crista* et *vesica*) et de Fernambouc (*Cæs. echinata*). — Soluble dans l'eau[1] et dans l'alcool ; les acides la ramènent au jaune, les alcalis en excès la font passer au violet ou au bleu. Les acides sulfureux, hyposulfureux, hydrosulfurique, la blanchissent.

1225. 6° *Bois de Campêche* (*Hæmotoxylon campechianum*). — Sa matière colorante (*hématine*) diffère de la précédente, avec laquelle elle a les plus grandes analogies, en ce

(1) Remarquez que ce bois renferme en abondance de l'acide acétique libre (1166), du tannin (1207), des acétates de potasse et de chaux. Pour l'obtenir, à l'état de pureté d'après les auteurs, on chasse l'acide acétique par évaporation, on précipite le tannin par la gélatine, et on s'empare de la matière colorante par l'alcool. Elle n'est rouge que lorsqu'elle n'est plus unie à l'acide acétique, ou plutôt lorsqu'il ne reste de l'acide acétique que la portion combinée intimement avec la résine et qui la rend soluble dans l'eau.

qu'elle donne de l'ammoniaque à la distillation, qu'elle est soluble dans l'eau, que l'hydrogène sulfuré et l'acide sulfureux la colorent en jaune, que la couleur bleue produite par sa combinaison avec les alcalis se détruit, en absorbant l'oxigène de l'air (1106), et passe alors du bleu rouge au brun.

1226. Les pétales rouges des fleurs, étant ramenés au bleu par les alcalis, possèdent une matière colorante analogue à celle du bois de Campêche.

1227. 7° *Orseille* (*Lichen roccella, etc.*). — La matière colorante de cette espèce est le produit artificiel du traitement qu'on lui fait subir, sous l'influence simultanée de l'air et du gaz ammoniaque. Cette matière résineuse, à laquelle Robiquet a donné le nom d'*Orcine*, et Heeren celui d'*Erythrine*, diffère totalement selon les procédés que l'on emploie pour l'extraire. D'après Robiquet elle est soluble dans l'eau froide et dans l'alcool. D'après Heeren elle est à peine soluble dans l'eau froide et soluble dans 170 p. d'eau bouillante. D'après Heeren elle est insoluble dans l'éther, peu soluble dans l'huile de térébenthine. On l'obtient par l'alcool ou par l'ammoniaque. Heeren a trouvé de plus dans l'orseille une matière jaune qui se décompose à une température peu élevée, une substance incolorable qui n'est que la transformation de l'Erythrine par l'action de l'alcool bouillant, un principe colorant rouge vineux, substance qui, ainsi que la matière jaune, n'est encore qu'une transformation.

1228. MATIÈRES COLORANTES BLEUES. — 1° *Indigo* (extrait des feuilles de l'*indigofera* qui en fournit en abondance, de l'*Isatis tinctoria* qui en fournit peu, et de quelques autres plantes de diverses familles). Cette matière incolore par elle-même, ainsi que la précédente, passe successivement, en s'oxigénant, du blanc au jaune et du jaune au bleu; elle se précipite alors de l'eau qui la tenait en solution. On la prépare en faisant fermenter les plantes herbacées qui la renferment; la fermentation n'a d'autre but que de diviser les

tissus, pour que l'eau puisse s'emparer de toute la matière colorable qu'ils contiennent; on presse ensuite entre des linges le marc d'indigo; on le divise en petits cubes que l'on verse dans le commerce. Pour le redissoudre dans l'eau et le rendre propre à la teinture, il faut le désoxigéner; ce à quoi l'on parvient, entre autres procédés, au moyen d'un mélange de 2 parties de sulfate de fer, 2 de chaux éteinte, 1,50 d'eau et 1 p. d'indigo pulvérisé. La chaux s'empare de l'acide du sulfate, et le protoxide de fer mis en liberté désoxigène l'indigo; un mélange de garance et de son peut remplacer le sulfate de fer. On plonge ensuite à plusieurs reprises le tissu dans ce bain, et on l'expose à l'air chaque fois. Le marc bleu d'indigo se désagrège dans l'acide sulfurique, et paraît s'y dissoudre, à la faveur de la suspension de ses molécules colorantes et de la dissolution des autres substances qui l'accompagnent. On s'assure au microscope que la matière colorante s'y trouve dans un véritable état de suspension. Aussi a-t-on remarqué que les *bleus de Saxe* ou de *composition*, qui sont teints à l'acide sulfurique, sont moins solides que ceux obtenus à *la cuve*, c'est-à-dire, par le moyen de la désoxigénation de l'indigo. L'indigo renferme, outre la substance colorante bleue, une substance colorante pourpre qui se sublime à une haute température. Aussi, quand on chauffe l'indigo dans une cuiller de platine peu à peu et jusqu'à la chaleur rouge, voit-on se dégager des vapeurs du plus beau pourpre. Cette matière est soluble dans l'alcool bouillant en très petite quantité. La couleur bleue est insoluble dans ce menstrue, ainsi que dans l'éther et dans les alcalis; mais lorsque ses molécules sont désagrégées par la solution des molécules rouges, il semble s'y dissoudre en montant en suspension; le liquide reprend sa limpidité par le refroidissement, et le bleu se précipite. On peut distiller celui-ci, mais alors il passe avec une huile dont on le sépare au moyen de l'alcool. L'acide nitrique détruit le bleu d'indigo; il en est de même du *chlore* à froid, de l'*iode* à chaud.

Dans les masses d'indigo du commerce on trouve encore, avec beaucoup de sels provenant soit des sucs du végétal, soit des fraudes du commerce, un gluten que Berzélius considère comme différent du gluten ordinaire, en ce qu'il est soluble dans l'eau et qu'il n'est pas gluant. Remarquez que pour l'obtenir Berzélius se sert d'un acide étendu qu'il soumet à l'ébullition (288). Ce gluten est au contraire, et par lui-même, insoluble dans l'eau froide et bouillante. Berzélius y signale encore une autre substance qu'il nomme *brun d'indigo*, et que l'auteur obtient en traitant l'indigo d'abord par un acide et ensuite par la potasse caustique concentrée que l'on soumet à la chaleur. Nous avons déjà fait ailleurs justice de pareilles substances immédiates (209); il nous suffira de dire ici que le *brun d'indigo* aurait tout aussi bien pu se nommer *ulmine*. Chevreul a trouvé aussi une substance verte ; mais comme il n'a trouvé cette substance que dans une seule espèce d'indigo, c'est sans doute de la chlorophylle (1100), ou naturelle à cette espèce, ou introduite, par fraude, dans le marc d'indigo. Il serait possible que cette couleur verte ne fût qu'un mélange grossier d'une substance jaune produite par l'action des alcalis avec le bleu d'indigo. L'indigo purifié par la sublimation est composé, d'après Le Royer et Dumas, de 73,26 de carbone, de 13,81 d'azote, 10,43 d'oxigène, et de 2,50 d'hydrogène.

1229. 2° *Tournesol* (couleur bleue des pétales de fleur; ou couleur rouge de certains végétaux, *Lichen tinctorius* et *Croton tinctorium,* qu'on a ramenée au bleu par l'action des alcalis). — Cette matière colorante est soluble dans l'alcool et dans l'eau. On prépare le *tournesol en drapeau* dans le département du Gard, en tenant exposés, aux vapeurs ammoniacales de l'urine, des chiffons imprégnés du suc du *Croton tinctorium.* Le *tournesol en pain* est fabriqué avec les lichens ci-dessus, que l'on traite par l'urine, la chaux et la potasse.

1230. MATIÈRES COLORANTES JAUNES. — 1° *Quercitron*

(écorce du *Quercus tinctoria*). — Cette écorce renferme 8 pour 100 d'un extrait jaune mêlé à du tannin que le fer précipite en vert. On l'en sépare par la colle de poisson ou par des lambeaux de vessie de bœuf épuisée par l'eau ou mieux par la gélatine. Cette matière jaune est soluble dans l'eau, un peu soluble dans l'alcool, et moins dans l'éther; elle est colorée en jaune rougeâtre par les alcalis, en vert olive par le sulfate de fer; elle se volatilise en cristaux jaunes.

1231. 2° *Bois jaune* (*Morus tinctoria*). — Fournit une couleur moins vive que celle du quercitron, qui par le sulfate de fer passe au brun, au brun jaunâtre par le sulfate de cuivre, au vert brunâtre par le sulfate de zinc, au jaune orangé par l'acétate de plomb, et au jaune vif par le chlorure d'étain.

1232. 3° *Gaude* ou *vaude* ou *vouède* (*Reseda luteola*). — Matière colorante plus solide que les précédentes, devenant pâle par les acides; d'un jaune plus intense par les alcalis, le sel marin et le sel ammoniac, l'alun et surtout le chlorure d'étain; se sublime en belles aiguilles, solubles dans l'eau, dans l'alcool et dans l'ether.

1233. 4° *Curcuma* (racine de *l'Amomum curcuma*). — Matière colorante jaune peu soluble dans l'eau, plus soluble dans l'alcool, beaucoup plus encore dans les alcalis qui la colorent en rouge brun, soluble également dans les acides minéraux concentrés, qui la colorent en rouge cramoisi, et d'où l'eau la précipite en flocons jaunes.

1234. On trouve une foule d'autres espèces de matières jaunes provenant surtout des pétales de diverses fleurs. Ces substances résinoïdes se comportent diversement avec certains réactifs, selon le nombre et la nature des sels avec lesquels elles sont en combinaison (1218). Les pistils du safran (*Crocus sativus*) donnent aussi une substance colorante jaune unie à de l'huile, dont on la sépare par la distillation, ou par l'alcool dans lequel on verse de la potasse. Cette substance est d'un rouge écarlate après la dessiccation;

elle se dissoût difficilement dans l'eau qui en est colorée en jaune, et très facilement dans l'alcool qui en est colorée en jaune rougeâtre. Elle se dissout encore dans les huiles grasses et volatiles ; la lumière la blanchit.

. 1235. MATIÈRE COLORANTE VERTE. — On la produit en mêlant ensemble le jaune et le bleu. En peinture, sous le nom de *vert de vessie*, on emploie le suc exprimé des graines du *Rhamnus infectoria*; qu'on mêle à de l'alun et qu'on évapore à consistance d'extrait. Voyez de plus l'art. *Chlorophylle*. La couleur verte est la plus répandue dans le règne végétal (1101).

§ 2. Fixation des couleurs sur les tissus (teinture).

1236. Les bases terreuses avec lesquelles nous admettons que les élémens organisateurs des tissus sont combinés jouent le principal rôle dans la fixation des couleurs. Les *mordans* dont on fait précéder la coloration n'ont d'autre but que de faciliter cette combinaison par des espèces de double décomposition.

1237. On procède à la teinture par différentes opérations préliminaires, dont les premières sont destinées à dépouiller les tissus des substances solubles et insolubles qui s'empareraient de la couleur au détriment de la partie fixe et solide : 1° on *décreuse* le lin, le chanvre et le coton, en les tenant plongés pendant deux heures dans l'eau bouillante, et pendant deux autres heures dans un bain de 15 seaux d'eau bouillante et de 1 à 2 kil. de soude. On *décreuse* la soie par un bain bouillant de savon et d'eau, variable en proportion selon qu'il s'agit de la soie jaune ou de la soie blanche. Le *décreusage* n'a d'autre but que de rendre solubles dans l'eau les matières grasses et résineuses qui recouvrent les tissus. On *désuinte* la laine comme nous l'avons expliqué (1084). 2° On *blanchit* les tissus de lin, de chanvre et de coton, en les exposant au contact simul-

tané de l'eau, de l'air et de la lumière, et ce qui est plus court et moins nuisible au tissu, en les traitant par le chlore. Le blanchiment de la soie et de la laine a lieu à la vapeur du gaz sulfureux. Dans l'un et l'autre cas, il a pour but d'enlever aux tissus une matière colorante qui ne pourrait que nuire à la beauté des teintes. 3° On les *alune* avec un *mordant* qui est dans le plus grand nombre de cas du sulfate double de potasse et d'alumine (*alun du commerce*), que l'on doit employer presque exempt de sulfate de fer, quand il s'agit de *l'alunage* des tissus de soie et de coton. 4° La dernière opération consiste à plonger le tissu dans le bain de matière colorante.

TROISIÈME GENRE :

MATIÈRES ODORANTES.

1238. En me fondant sur des résultats d'un ordre analogue à celui que j'ai déjà signalé (268), et d'autre part sur la propriété que possède l'ammoniaque de modifier les odeurs et même de rendre odorantes certaines substances inodores par elles-mêmes, je suis porté à penser que les odeurs ne sont en général qu'une combinaison d'ammoniaque et d'un acide volatil ou d'une huile volatile et quelquefois des trois à la fois. On aurait tort d'objecter que l'analyse ne découvre pas la moindre trace d'ammoniaque dans certaines substances fortement odorantes ; car il faut si peu de molécules pour agir sur l'organe de l'odorat qu'un fragment de musc de la grosseur d'une tête d'épingle est capable de remplir, pendant 20 ans, de son odeur, un local exposé à tous les vents. Or l'analyse n'atteint pas des quantités si minimes, et il en est de plus considérables qui lui échappent totalement.

1239. Les acides volatils ont, comme l'ammoniaque, la propriété de modifier les odeurs de manière à donner complètement le change sur leur origine (1174).

IIe ORDRE : PRODUITS DE LA DÉSORGANISATION.

1er SOUS-ORDRE : *Produits naturels.*

1240. Les tissus sont susceptibles de se désorganiser, c'est-à-dire de désagréger leurs molécules, ou bien lorsqu'ayant rempli les diverses phases de leur développement, ils continuent à rester en contact avec un air humide, ou bien quand, séparés du centre vital, ils subissent les influences atmosphériques, ou sont abandonnés, dans l'eau, à la réaction des élémens et des sels qui les composent, ou bien enfin lorsqu'on les soumet à l'action violente du calorique.

1241. Les produits de ces divers modes de désorganisation varient à l'infini, selon la nature des substances que renferment les tissus, et selon une foule de circonstances accidentelles du milieu dans lequel ils se trouvent placés. On peut assurer hardiment que leur histoire est encore à faire, malgré les travaux isolés dont ils ont été l'objet; non pas que je considère comme fort grand le nombre de ces produits; la nature me paraît toujours moins savante que nos livres, et c'est par sa simplicité qu'elle est admirable; mais le but qu'on doit se proposer en procédant à l'étude philosophique des produits de la décomposition organique, c'est de démêler les élémens des mélanges illusoires, qu'une étude superficielle tend toujours à transformer en corps immédiats.

1242. Nous ne pouvons aujourd'hui que signaler succinctement quelques-uns de ces produits dont la nature a été déterminée, et émettre quelques conjectures sur les autres.

1243. Par la réaction humide des matériaux des tissus sur eux-mêmes (*fermentation putride*, *putréfaction*, *rouissage*), il se dégage d'abord des sels ammoniacaux indéterminés, mais avec un tel excès d'ammoniaque qu'ils en provoquent les larmes, puis des gaz acide carbonique, acide acétique, oxide de carbone, hydrogène carboné, hydrogène sulfuré, enfin des miasmes; et, si l'on continue plus longtemps l'expérience, les tissus se charbonnent, et l'on obtient un mélange que l'on nomme *terreau* (207).

1244. Par l'action de la chaleur, les élémens des tissus se décomposent en huiles volatiles, en gaz acide carbonique, acide acétique, oxide de carbone, hydrogène carboné, en eau, et en esprit pyroacétique.

1245. Nous avons déjà vu que le produit de la désorganisation du gluten par le sucre était un liquide volatil connu sous le nom d'*alcool*.

1246. **Miasmes.** — On entend par *miasmes*, des émanations insaisissables, jusqu'à ce jour, à nos méthodes d'analyse, et qui sont regardées comme la cause de certaines épidémies. Les *miasmes* provenant de la désorganisation des tissus végétaux occasionnent plus spécialement les *fièvres*. Les *miasmes* provenant de la désorganisation des animaux produisent plus spécialement les maladies pestilentielles (*claveau*, *peste*, *tiphus*). On conjure ces effets en neutralisant les miasmes par les produits acides des fumigations, par l'évaporation de l'acide acétique, enfin par le chlore qui se dégage du chlorure d'oxide de sodium ou de calcium. La nature de ces désinfectans semble nous indiquer, par opposition, celle des substances infectantes. En effet, quel peut être le rôle des acides, si ce n'est de neutraliser des bases ou de décomposer un sel nuisible en s'emparant de sa base? Or l'abondance que nous avons remarquée des produits ammoniacaux, dans la décomposition des tissus, ne nous permet-elle pas de soupçonner que cette base, c'est de l'ammoniaque? En conséquence, les miasmes ne seraient que des sels nuisibles à base d'ammoniaque, mais peu fixes, et dont certains acides sépareraient facilement les élémens. Le chlore formerait un chlorate ou un hydrochlorate d'ammoniaque, et l'acide recouvrerait son innocuité en s'isolant, et en se reportant d'une manière plus fixe sur la base du chlorure, ou sur une tout autre base existant dans la nature.

1247. L'ancienne théorie de la propriété désinfectante du chlore me paraît inadmissible. Le *chlore*, disait-on, détruit les miasmes en désorganisant les molécules organiques

répandues dans l'atmosphère. Par molécules organiques on ne pouvait entendre que des débris de tissus qui, par eux-mêmes, ne sont aucunement délétères. Car des tissus n'ont aucune affinité pour d'autres tissus; et l'action désorganisatrice délétère des poisons gît tout entière dans une affinité chimique. Il faut donc admettre que les miasmes et tous les poisons ne sont que des sels. Ajoutez à cette réflexion que l'acide acétique, qui pourtant désinfecte, est incapable de désorganiser des tissus.

1248. On peut paralyser la désorganisation des tissus, et conserver indéfiniment des substances végétales, en les tenant plongées dans l'alcool, dans le sublimé corrosif dissous, dans une dissolution de gaz acide sufureux, et même dans de l'eau tenant en suspension à sa surface des grumeaux de camphre. Enfin on peut conserver les champignons dans de l'esprit pyroligneux, et mieux encore dans une infusion de *noix de galles*[1].

1249. Esprit pyroacétique et pyroxylique. — Produits de la distillation du bois (188). On obtient le premier anhydre en enlevant mécaniquement l'huile empyreumatique qui surnage, en saturant l'acide acétique avec la chaux et distillant une seconde fois sur la chaux vive. On obtient le second en distillant plusieurs fois le premier sur la chaux et le chlorure de calcium. Ils sont tous les deux liquides, incolores, limpides, solubles dans l'eau, l'alcool et très inflammables; ils dissolvent les huiles, le camphre, le caoutchouc, la cire. — *L'acide pyroacétique* brûle avec une flamme blanche; *l'acide pyroxylique* avec une flamme bleue. Le premier pèse 0,78, bout à 59°, reste liquide à 15°; le seconde pèse 0,83, bout à 60° environ. Leur composition élémentaire est de

	Carbone.	Hydrog.	Oxig.
Pyroacétique,	55,54	36,83	7,63
Pyroxylique,	44,53	46,11	9,16

(1) *Annal. des Sc. d'obs.*, tom. II, p. 279.

1250. Alcool (696). — On obtient l'alcool à l'état de pureté par la distillation du vin, de la bière, du cidre, enfin de toutes les boissons qui sont le produit de la fermentation alcoolique (713). Les procédés de la distillation et la forme de l'appareil distillatoire sont fondés sur ce que l'eau, qui se volatilise en même temps que l'alcool, se condense à une température moins basse que celui-ci. Aussi le tube, à travers lequel passent les vapeurs, est-il divisé, par des diaphragmes, en tout autant de compartimens, munis chacun, à leur base, d'un tuyau qui reporte les quantités d'eau condensée dans le grand bocal qui est soumis au feu. Pour condenser les vapeurs d'alcool, on refroidit le réfrigérant, en le tenant plongé dans l'eau que l'on renouvelle souvent, ou au moyen d'un filet continu d'eau qui arrose sa surface. L'alcool est recueilli, au bout d'un serpentin qui traverse un baquet d'eau, dans un récipient. Par une seconde distillation on enlève une nouvelle quantité d'eau à l'alcool distillé; mais on ne l'obtient anhydre qu'en faisant passer, à plusieurs reprises, les vapeurs à travers de la chaux vive ou du chlorure de chaux.

1251. L'alcool ainsi obtenu est parfaitement limpide, ayant une saveur et une odeur d'eau-de-vie ; il pèse 0,7947 d'après Gay-Lussac, à la température de 15°, et 0,7939 d'après Gilpin, à la température de 15°,55 ; la densité de sa vapeur est de 1,613 d'après Gay-Lussac [1]; il bout à 78°,41. Il est très volatil et très inflammable ; il brûle avec une flamme blanchâtre, couleur susceptible d'être modifiée par la présence de certains sels. Sa composition élémentaire est, d'après Th. de Saussure, de :

Carbone.	Oxigène.	Hydrogène.
51,98	34,32	13,70

Ce qui représente 100 d'hydrogène bicarboné et 63,58 d'eau.

1252. On reconnaît les quantités d'eau que contient l'alcool [2], à l'aide d'un tube gradué, construit de manière à se

(1) Ainsi sa densité peut être représentée par un volume de gaz hydrogène bicarbonné et un volume de vapeur d'eau condensés en un seul.

(2) Le volume d'un mélange d'eau et d'alcool concentré est moindre que la

tenir verticalement dans le liquide, et qui s'y enfonce d'autant plus que la quantité d'eau est moindre. Cet instrument se nomme *alcoomètre*. On en distingue de trois espèces, celui de Baumé, celui de Cartier et le centésimal; ce dernier marque 0 dans l'eau pure et 100 dans l'alcool absolu; chaque degré correspond donc à $\frac{1}{100}$ d'alcool absolu. Celui de Cartier est divisé en 44, dont le 10ᵉ correspond à 0,2 du centésimal, le 11ᵉ à 5,1, et le 44ᵉ à 99,8. Le 31ᵉ degré de Baumé correspond à 29 de Cartier et à 76,3 du centésimal. Le gouvernement a adopté celui-ci, et les particuliers celui de Baumé.

1253. L'alcool se rectifie spontanément lorsqu'on le tient renfermé dans des vases dont l'orifice a été bouché avec un morceau de vessie humide. Cette membrane ainsi collée laisse passer les molécules aqueuses, et arrête au passage les molécules alcooliques.

1254. L'alcool dissout les huiles volatiles (1108), les résines (1126), les acides résinoïdes (1199), la potasse, la soude, l'ammoniaque, le lithium, les alcalis végétaux, les sels très solubles dans l'eau, à l'exception pourtant du sulfate de soude, du nitrate de potasse, etc.; le soufre, le phosphore à chaud en petite quantité (l'eau les en précipite); l'iode et le brôme abondamment. Le potassium et le sodium absorbent peu à peu une partie de l'oxigène de l'alcool.

1255. Par le contact de l'oxide de platine, l'alcool se change en acide acétique, en donnant lieu à une forte explosion. Les acides le transforment en éther, par l'intermédiaire de la chaleur.

1256. L'alcool se produit spontanément dans les organes des plantes, toutes les fois que le sucre et le gluten s'y trouvent en contact, par suite de la désagrégation des cellules respectives de ces deux substances. De là vient que certains fruits à couteau exhalent une odeur alcoolique, quelque temps après leur complète maturité.

somme des deux volumes. Si l'alcool est faible, il y a raréfaction, et pourtant élévation de température.

2e SOUS-ORDRE : PRODUITS ARTIFICIELS.

PREMIER GENRE :

ÉTHERS.

1257. On donne le nom d'éthers au produit de l'action de la chaleur sur un mélange d'alcool et d'acide (1155). On en distingue de deux espèces : l'éther sulfurique qui n'est que de l'hydrure de carbone dépouillé, par l'acide sulfurique, d'une partie au moins d'eau qui lui est associée dans l'alcool, et l'éther produit par d'autres acides qui est une combinaison de l'hydrure de carbone avec l'acide employé. Ce sont des liquides très volatils, incolores, limpides, d'une odeur et d'une saveur piquantes et caractéristiques, solubles dans l'eau et dans l'alcool.

1258. L'éther sulfurique s'obtient en soumettant à la distillation un mélange d'alcool et d'acide, soit sulfurique, soit arsénique, soit phosphorique; les autres éthers s'obtiennent en remplaçant les acides ci-dessus par l'acide ou acétique, ou nitrique, ou oxalique, ou formique (1173), ou hydrochlorique, ou hydriodique ; on les distingue par le nom de l'acide employé : *éther acétique*, etc.

1259. Dans la réaction de l'acide sulfurique, il se dégage d'abord de l'acide sulfovinique qui est un composé d'acide sulfurique et de gaz oléfiant (*sulfate acide d'hydrogène carboné*, 1251[1]), et qui se transforme en acide sulfurique et en éther ou en alcool à la chaleur de l'ébullition de l'eau ; ensuite de l'éther; plus tard il se dégage du sulfate neutre d'hydrogène carboné, composé, d'après Sérullas, d'éther sulfurique (1 atome), d'hydrogène carboné (1 atome), et d'acide sulfurique (2 atomes) ; enfin de l'huile douce de vin qui a la même composition que le gaz hydrogène bicarboné. L'alcool traité par l'acide phosphorique, l'acide fluoborique, le perchlorure de fer et le perchlorure anhydre d'étain, présente à peu près les mêmes phénomènes et se transforme en éther sulfurique.

1260. L'éther sulfurique dissout les huiles grasses et volatiles, le caoutchouc, etc. Le tableau suivant indique d'une manière comparative les caractères essentiels des divers éthers :

Ethers.	pèse	à la temp. de	bout à	sous la pression de	couleur.	odeur.
Sulfurique......	0,715.	15°.	35°,7.	0m,76.	nulle.	éthérée.
Acétique......	0,866.	7°.	71°	0, 76.	nulle.	agréable.
Nitrique......	0,880.	4°.	41°	Id..	jaunâtre.	forte.
Oxalique.....	1,092.	7°,5	183°5.	.....	oléagineux.	aromatiq. [1].
Formique.....	0,910.	....	56°.		....	....
Hydrochlorique.	0,874.	5°.	...		nulle.....	sucrée.
Hydriodique...	1,921.	22°.	68°,8	Id..	jaunâtre..	....

DEUXIÈME GENRE :

ALCALOÏDES. (ALCALIS VÉGÉTAUX ET BASES VÉGÉTALES [2]).

1261. La découverte de ces substances date de 1816; elle est due à Sertuerner; mais elle resta ignorée ou révoquée en doute pendant 10 ans, jusqu'à ce que l'Institut de France[3] qui, comme on le sait, jouit chez nous du droit d'infaillibilité, eût pris fantaisie de s'en occuper. Dès ce moment il y eut fureur de découvrir les alcalis de toutes les substances douées de quelques propriétés remarquables, et les substances en *ine* se multiplièrent avec autant de profusion et je dirai même de légèreté que les acides végétaux (1166). Un alcali végétal et un acide, c'étaient les deux pierres philosophales de tout chimiste qui procédait à l'analyse chimique d'une plante ou d'une substance végétale.

(1) Insoluble dans l'eau, soluble dans l'alcool.

(2) *Mem. sur les tissus organiques*, § 45, tom. III des Mém. de la Soc. d'hist. nat. de Paris. 1827. — *Ann. des Sc. d'obs.*, tom. IV, pag. 68. 1830.

(3) Cette bienveillance de l'Institut fut éveillée par un nouveau travail que Sertuerner publia en 1827. Desrones en 1803 et Séguin en 1804 avaient déjà signalé, dans l'opium, l'un la narcotine et l'autre la morphine.

1262. Leur mode de préparation est identique : on réduit par évaporation la solution aqueuse d'une matière végétale, on précipite la base par un alcali, en faisant bouillir la liqueur avec de la magnésie. On dissout l'alcali végétal par l'alcool anhydre bouillant, d'où on retire l'alcali par le refroidissement ou par la distillation. Les matières étrangères que les précipités entraînent avec eux, on les enlève, soit à l'aide d'une faible solution de potasse, soit à l'aide d'un acide bouillant et du charbon animal ; on précipite ensuite par un alcali.

1263. Ces substances sont *peu solubles dans l'eau*, à l'exception de la curarine et de la nicotine ; elles ramènent, pour la plupart, *au bleu le tournesol rougi par un acide*, et *verdissent* le sirop de violette. Leur saveur est en général amère, et elles la communiquent à l'eau, alors même que celle-ci ne se charge que d'une quantité à peine appréciable de leur substance. Elles s'unissent aux acides pour former avec eux des sels beaucoup plus solubles que leurs bases. Mais *leur capacité de saturation est extrêmement faible*. La plupart cristallisent, ainsi que leurs sels. Les autres ne forment que des masses gommeuses. Les chimistes regardent ces produits comme les principes actifs des végétaux, et par conséquent comme des produits naturels de la végétation elle-même.

1264. Des considérations qui nous paraissent d'une certaine valeur nous ont depuis long-temps porté à regarder ces substances comme des combinaisons artificielles d'un acide végétal et d'ammoniaque en excès, et peut-être d'une substance résinoïde.

1265. 1° Jusqu'à ce jour il a été impossible d'isoler ces corps sans faire usage d'une base terreuse alcaline. On a prétendu rendre raison de cette circonstance, en supposant que la base végétale se trouvait unie naturellement avec un acide, et que la base terreuse n'avait pas d'autre but que de s'emparer de ce dernier. Mais on aurait dû au moins

pouvoir isoler ce sel naturel, ce méconate de morphine, par exemple, du suc de l'opium; et à cet égard les tentatives n'ont pas été plus heureuses.

1269. 2° Or nous savons d'un côté (303), que par l'action de la chaleur les alcalis caustiques sont capables, en désorganisant les tissus et les substances organiques, de donner lieu à la formation d'acides divers. Nous savons d'un autre côté (41) que l'ammoniaque peut se former de toutes pièces dans la substance la moins azotée, sous la seule influence de l'air atmosphérique, dont l'azote se combine avec l'hydrogène du tissu qui se désorganise lentement. Or, ce qui a lieu sous l'influence d'une désorganisation lente et spontanée, doit se reproduire avec bien plus d'intensité sous l'influence de la désorganisation violente, qui résulte de l'action combinée de la chaleur et de la base terreuse. L'analogie nous porte donc à admettre que dans le traitement ci-dessus décrit, il doit se produire un acide, d'un côté, et de l'ammoniaque de l'autre, qui ne pourront manquer de se combiner; enfin cet acide et l'ammoniaque peuvent servir de véhicule à une certaine quantité de résine, qui, leur restant associée, doit nécessairement prêter au sel des caractères nouveaux (240). Lorsque ces combinaisons se feront avec excès de base, alors le produit offrant les caractères alcalins aux papiers réactifs, rentrera dans la classe des alcalis et prendra dans nos livres une terminaison en *ine*; quand au contraire, il sera neutre, ce ne sera plus un alcali, mais un produit immédiat. Enfin, quand l'acide sera en excès, il se rangera dans la classe des acides.

1267. 3° Si nous consultons les proportions que les tables d'analyse élémentaire nous en donnent, on restera, je pense, convaincu que rien ne s'oppose à les considérer comme des sels ammoniacaux avec excès de base; et la faiblesse de leur capacité de saturation vient encore à l'appui de cette doctrine.

1268. Soient en effet les analyses suivantes :

	Carbone.	Oxig.	Hydr.	Azote	
Quinine.....	75,02...	10,45...	8,43...	6,66..[1]	Pelletier et Dumas.
	75,76...	8,62 ..	8,11...	7,52..	Liebig.
Cinchonine..	76,97...	7,79. .	9,02...	6,22..	Pelletier et Dumas.
	77,81...	5,93...	8,87...	7,37..	Liebig.
	78,40....	....	14,60...	7,00..	Brandes.
Brucine.....	75,04...	11,22...	7,22...	6,52..	Pelletier et Dumas.
	70,88...	17,39...	5,07...	6,66..	Liebig.
Strychnine....	78,22...	6,38...	8,92...	6,54..	Pelletier et Dumas.
	76,43...	11,06...	5,81...	6,70..	Liebig.
Vératrine....	66,75...	19,60...	5,04...	8,54..	Pelletier et Dumas.
Morphine...	72,02...	14,84...	5,53...	7,61..	*Id.*
	72,00...	17,00...	5,50...	5,50..	Brandes.
	72,340..	16,299..	4,995..	6,366.	Liebig.
	69,000..	20,0....	4,5....	6,5...	Bussy.
Narcotine...	68,88...	18,00...	7,21...	5,91..	Pelletier et Dumas.
	65,00...	26,99...	2,51...	5,50..	Liebig.
Émétine.....	64,57...	22,95...	4,30...	7,77..	Pelletier et Dumas.

1269. Si nous prenons, par exemple, tout l'azote de la quinine et que nous le combinions avec 1,71 d'hydrogène, on aura 9,82 d'ammoniaque; restera 5,81 d'hydrogène, 8,61 d'oxigène, 75,76 de carbone, pour former l'acide que nous présumons être combiné avec l'ammoniaque; mais 10,91 d'acide sulfurique neutralisent 100 de quinine; or, 10,91 d'acide sulfurique suffisent pour neutraliser 4,68 d'ammoniaque. En supposant donc que les alcaloïdes soient des sels ammoniacaux avec excès de base, cet excès serait de 4,68, et il restera 5,14 d'ammoniaque pour saturer l'acide plus ou moins mélangé que nous supposons exister dans la quinine (1266). Par l'acide sulfurique on produirait donc un double sel ammoniacal. Quant à l'analogie de notre acide présumé, je trouve que c'est de l'acide benzoïque qu'il se rapproche le plus :

	Carbone.	Oxigène.	Hydrog.
Acide supposé	75,76	8,61	5,81 = 90,28
Acide benzoïque	74,86	19,87	5,27 = 100,00

(1) Cette analyse présente une erreur en plus de 0,56. Les autres analyses des mêmes auteurs présentent, dans les décimales, d'autres fautes peut-être typographiques que je n'ai pas pris sur moi de rectifier.

1270. La faible quantité d'oxigène de l'acide supposé s'expliquerait en admettant, comme nous l'avons fait plus haut, que la résine (1132) entre pour une portion quelconque dans la composition de ces alcaloïdes.

1271. Les mêmes combinaisons de chiffre appliquées à la vératrine nous donneraient pour l'acide supposé, 66,75 de carbone, 7,48 d'hydrogène, et 19,60 d'oxigène, où la quantité d'oxigène est plus considérable.

1272. 4° La cristallisation de ces alcaloïdes offre encore la plus grande analogie avec la cristallisation des sels à base d'ammoniaque, ainsi qu'on peut s'en faire une idée suffisante en comparant avec les figures 12 *dd'* et 15, 16 de la pl. 6, et mieux encore avec les cristallisations d'oxalate d'ammoniaque, les figures 4 et 5 de la pl. 11 dont la quatrième représente le mode de cristallisation de la quinine et la cinquième le mode de cristallisation de la narcotine. Ce sont des arborisations, des aiguilles fasciculées, des dendrites enfin dont l'aspect et la direction varient presque à chaque nouvel essai.

1273. On objectera peut-être que si les alcaloïdes étaient des sels à base d'ammoniaque, la potasse en dégagerait cette base, ce qui pourtant n'a pas lieu, même à l'aide de la chaleur. Nous avions fait depuis long-temps remarquer le peu de solidité de cette objection, lorsque Woelher est parvenu à découvrir que l'urée n'est qu'un cyanite d'ammoniaque. Or, la potasse n'a jamais pu décomposer l'urée.

§ I. Caractères spécifiques des alcaloïdes.

1174. MORPHINE (1261[1]). — Découverte en 1816 par Serturner dans l'*opium*. Insoluble dans l'eau froide qu'elle rend pourtant amère ; l'eau bouillante en dissout $\frac{1}{100}$, qui se précipite et cristallise par le refroidissement en petits cristaux brillans et incolores. Sa dissolution chaude bleuit

le tournesol rougi et brunit le curcuma (1233). Elle se dissout dans 40 parties d'alcool anhydre froid et dans 30 parties bouillantes ; dans les huiles grasses et volatiles, dans la potasse et la soude, et en faible quantité dans l'ammoniaque. Elle est insoluble dans l'éther. L'hydrochlorate de protoxide d'étain la précipite en brun sale : l'acide nitrique concentré lui communique, ainsi qu'à ses sels, une belle couleur rouge qui passe ensuite au jaune. Les sels de fer neutres la bleuissent ainsi que ses sels. Cette couleur disparaît par la chaleur, l'alcool, l'éther acétique, par un acide, et est ravivée par un alcali. 100 de base saturent 14,84 d'acide sulfurique d'après Pelletier et Dumas, et 75,38 en saturent 10,33 d'après Liebig.

1275. Narcotine. Pl. 11, fig. 5. — *Elle n'est point alcaline*, et se dissout dans les acides plutôt qu'elle ne se combine avec eux, sans saveur, insoluble dans l'eau froide, soluble dans 400 parties d'eau bouillante, dans 100 parties d'alcool froid, et dans 24 d'alcool bouillant; dans l'éther froid et mieux encore dans l'éther chaud, dans les huiles grasses et volatiles; ne réagit nullement sur les sels de fer. L'acide nitrique concentré colore la narcotine en jaune pâle. On la sépare de la morphine par l'éther qui n'attaque pas celle-ci.

1276. Strychnine. — Extraite en 1818 par Pelletier et Caventou des *strychnos* et spécialement de la noix vomique. Cristallise par évaporation spontanée de sa solution alcoolique en petits prismes blancs, quadrilatères, terminés en pyramide. Elle est alcaline, amère avec un arrière-goût métallique, ne fond pas et ne se volatilise pas par la chaleur, et se décompose entre 312° et 315° ; soluble dans 2,500 parties d'eau bouillante et 6,667 d'eau froide; insoluble dans l'éther et dans l'alcool anhydre; soluble dans les huiles volatiles, faiblement dans les huiles grasses ainsi que dans l'alcool bouillant, d'une densité de 0,835; se décompose par le soufre en fusion, en dégageant du gaz hydrogène sulfuré.

1277. Brucine. — Extraite par les auteurs précédens du *strychnos nux vomica* et non, comme ils l'avaient cru, du *brucea* dont elle porte le nom. Elle est soluble dans 850 parties d'eau froide et 500 d'eau bouillante, dans l'alcool concentré et même dans l'esprit de vin de 10,88, faiblement dans les huiles volatiles; insoluble dans l'éther et dans les huiles grasses. La couleur rouge ou jaune qu'elle prend par l'action de l'acide nitrique *se change en beau violet* par le chlorure d'étain. La strychnine renferme toujours un peu de brucine.

1278. Quinine et Cinchonine. — La cinchonine a été découverte presque à la fois par Duncan, Gomès, Lambert et Pfaff, dans l'écorce de quinquina. Pelletier et Caventou constatèrent son alcalinité et découvrirent en même temps la quinine. La *quinine* est en masse ou en poudre, la *cinchonine* est cristalline; elles se dissolvent, la première, dans 200 parties d'eau bouillante, et la seconde dans 2500 parties, en grande quantité dans l'alcool bouillant. La première est assez soluble dans l'éther qui dissout peu de la seconde. Par la chaleur la seconde se décompose et se volatilise en partie sans se fondre. Elles forment des sels solubles avec les acides minéraux et l'acide acétique, et des sels insolubles avec les autres. Le sulfate de quinine est bien moins soluble que celui de cinchonine; on sépare la quinine de la cinchonine au moyen de l'éther ou de l'acide sulfurique, ou de l'eau bouillante. On extrait cette dernière du quinquina gris. Ces deux bases sont alcalines.

1279. Vératrine. — Découverte en même temps par Meisner, Pelletier et Caventou, dans les graines du *veratrum sabadilla* et des colchiques. Elle est incristallisable; alcaline, d'une saveur âcre et brûlante; sans odeur, mais fortement sternutatoire; fond à 90°, presque insoluble dans l'eau froide, soluble dans 1000 parties d'eau bouillante; très soluble dans l'alcool, dans l'huile de térébenthine, à l'aide de la chaleur; insoluble dans l'éther pur.

1280. ÉMÉTINE. — Découverte par Pelletier dans la racine d'ipécacuanha, d'une couleur fauve, alcaline; d'une saveur faiblement amère, inodore; soluble difficilement dans l'eau froide, plus facilement dans l'eau chaude, fond à 50°; très soluble dans l'alcool, presque insoluble dans l'éther et dans les huiles. Ses sels *sont incristallisables* comme elle. L'infusion de noix de galles la précipite en blanc.

1281. Je dépasserais les bornes assignées à cet ouvrage, si je voulais consacrer quelques lignes à la description détaillée de tous les principes immédiats alcaloïdes qui ont encombré la science depuis quelques années; je renvoie, pour leur nomenclature, au catalogue que nous en avons publié en 1829, dans les *Annales des sciences d'observation*, tom. II, p. 223. Le nombre de ces découvertes faciles paraît ne devoir plus avoir de limites, si l'impulsion donnée aux travaux chimiques par l'accueil de nos savans continue à mériter leur bienveillance.

1282. Je me contenterai d'ajouter à la liste indiquée, la CURARINE extraite par Boussingault et Roulin du *curara* ou *curari*, matière dont les Indiens de l'Amérique méridionale se servent pour empoisonner leurs flèches; l'ESENBECKINE trouvée par Buchner dans l'*Esenbekia febrifuga;* la CAPSICINE, par Wilting, dans le *Capsicum annuum*; l'ACONITINE, par Peschier, dans l'*aconitum Napelus*, la CONICINE, par le même, dans la grande cigüe; l'ALOÏNE, par Meisner, dans l'aloës; la CROTONINE, extraite par Brandes de la graine du *Croton tiglium*; la BUXINE, que Fauré annonce avoir trouvée dans le *Buxus sempervirens;* l'EUPATORINE, que Riphini a découverte dans l'*Eupatorium cannabinum;* la CORTICINE et la POPULINE que Braconnot a trouvées dans l'écorce du tremble; enfin la SALICINE que Peschier vient de signaler à l'attention des médecins comme un succédané de la quinine. On l'extrait de l'écorce du *salix*, en précipitant sa dissolution dans l'eau bouillante par l'*acétate de plomb*; on décompose ensuite l'acétate de plomb par l'hydrogène

sulfuré, et l'on obtient, par évaporation, un alcaloïde cristallisable, soluble dans l'eau froide et mieux dans l'eau chaude, dans l'alcool, mais non dans l'éther ni dans les huiles. L'acide sulfurique le colore en beau rouge (687). Elle n'est pas précipitée par la noix de galles, la gélatine, l'alun, l'émétique, et l'acétate de plomb. Elle ne sature pas l'eau de chaux. D'après Gay-Lussac et Pelouze, elle serait composée de 55,301 de carbone, 8,184 d'hydrogène, et 36,315 d'oxigène; aussi n'est-elle pas alcaline[1].

§ 2. Propriétés médicales des alcaloïdes.

1283. Depuis la découverte des alcaloïdes, on n'a cessé de professer l'opinion que ces substances étaient les principes actifs des végétaux, et que par conséquent il y avait un immense avantage dans leur emploi, puisqu'on pouvait ainsi administrer la guérison sous un plus petit volume. Mais j'ai cherché jusqu'à présent à me convaincre de la solidité de cette assertion, en compulsant les expériences sur lesquelles elle s'appuie, et je suis forcé d'avouer que le savoir-faire pharmaceutique[2] a peut être plus contribué à la propager que l'évidence de l'observation. On nous dit, il est vrai, que quelques grains de sulfate de quinine produisent les mêmes effets contre les fièvres que plusieurs gros d'écorce de quinquina en poudre; mais on ne nous dit pas si, sous le même volume, la décoction seule de ces plusieurs

(1) Si cette substance possède vraiment des propriétés fébrifuges, comme la quinine, quelle anomalie nouvelle dans la question des alcaloïdes, telle que la conçoivent les chimistes!

(2) L'Institut a accordé, en 1827, un prix de 10,000 fr. à deux pharmaciens de la capitale, pour avoir vendu 100,000 onces de sulfate de quinine par an. Il me semble que la récompense pécuniaire était déjà assez bien dans la vente elle-même. Les fonds Montyon doivent-ils donc servir à payer ceux qui font fortune, et non à indemniser les savans peu heureux? La découverte de la quinine et de la cinchonine n'est qu'une application des plus faciles de celle de Sertuerner. C'est à celui-ci qu'était due la couronne et l'indemnité. Mais Sertuerner n'habite pas Paris.

gros d'écorce ne produirait pas le même effet que les quelques grains de sulfate de quinine. Qu'y a-t-il en effet d'étonnant qu'un extrait d'une écorce qui contient près de 90 pour 100 de ligneux, opère mieux que l'écorce elle-même?

1284. D'ailleurs les alcaloïdes sont-ils le principe actif lui-même, ou un mélange de principe actif avec certaines combinaisons (1266)? Nous avons vu que la dernière hypothèse est susceptible d'une explication plus rationnelle; tandis que tout est anomalie dans l'autre. Car la cinchonine opère comme la quinine; mais comment se fait-il alors que le principe actif du quinquina revête ainsi deux caractères opposés? La nature n'est pas si prodigue de créations inutiles. Voyez de plus ce que nous avons dit de la salicine.

1285. Mais la *morphine* est bien moins énergique que l'opium. Un à deux grains de celui-ci suffisent pour endormir, et quelques grains de plus peuvent donner la mort, tandis que, d'après des expériences récentes, un demi-gros et même un gros d'acétate de morphine, qui est la combinaison la plus active de cette base, ne donne point la mort, soit qu'il soit pris à l'intérieur, soit qu'on l'injecte dans les veines. La *narcotine* qui accompagne la *morphine* dans l'opium, comme la *cinchonine* accompagne la *quinine* dans le quinquina, tue les chiens à la dose d'un demi-gros, et ne produit pas le moindre effet sur les hommes à la dose de quelques gros pris tous les jours. Son acétate ne produit aucun effet sur les chiens mêmes.

1286. Le sujet est donc tout-à-fait à reprendre sur de nouveaux erremens, mais par des hommes qui n'aient pas à redouter l'influence des animosités scientifiques.

1287. Nous terminerons ces réflexions en signalant les propriétés des autres bases ci-dessus énumérées.

1288. La *strychnine* et après elle la *brucine*, mais surtout leurs sels, agissent à la manière des poisons les plus violens; la mort s'ensuit souvent après quelques minutes de tétanos,

qu'on les administre à l'intérieur ou qu'on les introduise dans le sang au moyen de flèches empoisonnées. On recommande, comme antidote, l'infusion de noix de galles et le thé, dont le tannin produit avec la base un sel insoluble. La *vératrine* produit les mêmes effets, administrée à haute dose ; à petites doses au contraire, elle produit le plus violent éternuement, une abondante salivation; et, si on l'introduit dans l'estomac, elle donne lieu à des vomissemens et à la diarrhée. $\frac{1}{11}$ de grain d'émétine suffit pour produire le vomissement. Enfin, les autres bases reproduisent plus ou moins les effets de la plante de laquelle on les tire.

§ 3. Application à la médecine légale.

1289. Les alcaloïdes vénéneux ont fait naître des questions de toxicologie fort délicates. Ces substances sont-elles susceptibles d'être décomposées par l'action des viscères? et, dans le cas où elles seraient capables de résister à la propriété décomposante de ces organes, possédons-nous des réactifs propres à en constater la présence d'une manière évidente ?

1290. Dans le procès fameux de Castaing, la première question fut résolue *à priori* affirmativement; en sorte que la défense n'était plus en droit d'opposer à l'accusation qu'il n'y avait point de coupable, puisqu'il n'y avait pas de corps de délit ; car les médecins appelés devant la loi déclaraient qu'ils ne retrouvaient pas la morphine dans l'estomac de la victime, mais que cette substance pouvait avoir été décomposée par l'estomac. Huit ans plus tard, Orfila, qui avait fait partie de la commission médicale interrogée dans cette affaire, se livre à une série d'expériences dont les résultats lui paraissent diamétralement opposés à sa première opinion, et il affirme qu'on peut retrouver des traces de morphine dans un cadavre qui se corrompt, et même dix-huit mois après la mort de la victime. Si Orfila avait émis cette opinion devant le tribunal, je suis convaincu, tant est grande la foi des

jurés dans les assertions de médecine légale, que la tête de Castaing eût été soustraite à l'échafaud. Mais les nouvelles expériences de l'auteur publiées en 1828 ne sont rien moins que propres à autoriser les conclusions qu'en ont tirées Orfila et Lesueur. En effet, au lieu d'empoisonner des animaux vivans et d'examiner plusieurs mois après l'état des cadavres, les auteurs s'étaient contentés d'emprisonner les poisons végétaux dans des boyaux de chien avec ou sans mélange d'alimens ordinaires. Or, il est facile de concevoir qu'au sein de ces substances inertes et sans vie, les poisons pourront se conserver long-temps sans être totalement décomposés. Mais en serait-il de même si le poison végétal avait été soumis à l'action digestive d'un animal vivant? c'est ce que ces sortes d'expériences étaient loin de permettre d'assurer, et c'est ce que j'opposais alors à la doctrine professée par Orfila[1]. Ce travail était donc à recommencer de fond en comble. Il fallait 48 heures pour décider la question; les auteurs ont employé 18 mois pour la laisser indécise.

1291. Quant à la seconde question, qui est relative à la valeur qu'on doit attacher aux réactions des alcaloïdes, il est évident que devant la loi on doit la considérer comme tout autant indécise que la première. Car 1° rien ne démontre que les alcaloïdes soient des principes immédiats; et s'ils n'étaient que des mélanges, comme l'analogie porte à l'avancer (1263), qui oserait nier que le hasard soit capable d'en reproduire, de toutes pièces, de semblables sous tous les rapports de réaction? Nous connaissons à peine les caractères chimiques des sucs des 99 centièmes des végétaux qui nous entourent, nous connaissons encore moins les caractères illusoires qu'ils sont dans le cas de revêtir en se mélangeant, et nous oserons prononcer devant la loi que telle réaction indique exclusivement la présence de telle ou telle

(1) Voy. *Journal général de médecine*, 1828.

substance? 2° La présence des alcaloïdes, et de la morphine en particulier, se reconnaît, d'après les traités de toxicologie, aux caractères suivans : elle rougit par l'acide nitrique, elle bleuit par les sels de fer, elle est insoluble dans l'eau, et d'après quelques auteurs dans l'éther ; elle est soluble dans l'alcool, précipitable par l'ammoniaque ; elle verdit, comme le plus grand nombre des alcaloïdes, le sirop de violettes. Mais Bonastre a déjà fait voir, et nous avons vérifié combien la réunion de toutes ces réactions était trompeuse. En effet, la partie concrète de l'huile de girofle (1119) est blanche, cristallisable, insoluble dans l'eau, soluble dans l'alcool bouillant ; elle bleuit par les sels de fer, rougit par l'acide nitrique, exactement comme la morphine ; l'ammoniaque la précipite ; et si elle avait séjourné dans l'ammoniaque, elle ne manquerait pas de donner des signes d'alcalinité. Or, il n'est pas besoin de recourir à une réunion rare de circonstances, pour que le girofle se trouve dans l'estomac d'un cadavre supposé empoisonné, et voyez alors où conduiraient les réactifs invoqués au nom de la loi. Les caractères qui distinguent la brucine et la strychnine de la morphine sont trop peu déterminés, pour que nous nous y arrêtions sérieusement.

1292. Ces raisons parurent sans doute péremptoires à l'école de pharmacie ; car elle proposa pour prix la question de trouver des réactifs capables de faire distinguer la nature des alcaloïdes. La question resta encore sans solution, quoique abordée par deux concurrens. L'un d'entre eux proposait comme un excellent réactif l'inspection des cristallisations au microscope ; mais il ignorait que les sels ammoniacaux cristallisent de la manière la plus analogue aux alcaloïdes. Au reste, ces sortes de cristallisations varient dans leurs formes accessoires selon la quantité et la nature du menstrue, selon la pureté et l'impureté du sel ou de la base alcaloïde, selon la durée de l'évaporation, etc. ; ainsi la narcotine cristallise dans l'eau (pl. 11, fig. 5, *b b*) tout

autrement que dans l'alcool (*ibid. a*). Dans ce dernier menstrue elle se forme en rosaces. On peut voir (*ibid.*, fig. 4, *a' a'*) combien les cristallisations de la quinine par l'alcool se rapprochent des cristallisations de la narcotine par l'eau. Au reste, obtenus à l'état de la plus grande pureté, ces produits retiennent toujours, quoi qu'on fasse, une certaine quantité de sels souvent inorganiques, qui en altèrent, en modifient les formes cristallines et souvent cristallisent à part. Ainsi, à côté de la narcotine, je trouvais les cristallisations (AAA) qui me paraissent appartenir au carbonate de soude, et en outre des taches violettes; et à côté de celles de la quinine (pl. 11, fig. 4) se montraient les lamelles (*b*) qui sont évidemment des cristallisations de sous-acétate de plomb.

1293. En résumé nous ne cesserons de répéter les paroles que nous adressions en 1828 aux experts en médecine légale : « On est toujours à temps de désapprendre une erreur, on ne peut jamais plus réparer un témoignage légal entaché d'inexactitude. Le glaive de la loi ne revient pas en arrière, comme la conviction du chimiste expérimentateur. »

TROISIÈME GENRE :

ACIDES ARTIFICIELS.

1294. Dans le cours de cet ouvrage, nous avons eu de fréquentes occasions d'éliminer des acides de ce genre, comme n'étant que des mélanges et des doubles emplois. Il nous reste à parler de quelques autres qui ne sont peut-être pas plus réels que les premiers, mais dont nous ne saurions, dans l'état actuel de la science, rendre raison d'une manière satisfaisante.

1295. Acide indigotique. — On le prépare en chauffant modérément 1 p. d'indigo en poudre (1227) avec 1 p. d'acide nitrique étendu de 15 à 20 p. d'eau. Cet acide se précipite par le refroidissement; on évapore l'acide ni-

rique, on le dissout dans l'eau chaude, on précipite par l'acétate de plomb, et l'on décompose ensuite l'indigotate de plomb par un courant d'hydrogène sulfuré.

1296. Cet acide est très peu soluble dans l'eau froide, soluble dans l'eau bouillante, et dans l'alcool en toutes proportions, amer, *presque* incolore, fusible, répandant même à froid une odeur piquante; cristallisable par sublimation, produisant des sels dont la plupart sont colorés en jaune. Il se compose, d'après Buff, de 7,6 d'azote, 49,6 de carbone, et 42,8 d'oxigène; ce qui représente un mélange intime de 29,3 d'acide nitrique, avec soit 37,24 d'oxide de carbone et de 33,46 de carbone en solution ou en suspension (1227); soit 29,8 d'acide carbonique et 40,9 de carbone.

1297. Acide carbazotique. — On le prépare, en traitant, à une chaleur modérée, l'indigo de première qualité par 9 fois son poids d'acide nitrique un peu étendu. Il se dissout avec boursoufflement; on ajoute de l'acide jusqu'à ce qu'il n'y ait plus dégagement de gaz nitreux. Par le refroidissement, il se dépose des cristaux jaunes et demi-transparens. On sature avec du carbonate de potasse, on fait cristalliser le sel plusieurs fois. On dissout dans l'eau bouillante et on le décompose par l'acide nitrique ou l'acide hydrochlorique. L'acide carbazotique cristallise, pendant le refroidissement, en feuilles brillantes, d'un jaune clair; il se dissout dans l'acide sulfurique à chaud sans s'altérer, et en est précipité par l'eau. D'après Liébig l'acide carbazotique est composé de : azote 14,71, carbone 31,51 et oxigène 53,78; ce qui représente un mélange de 56,73 d'acide nitrique avec soit 16,25 d'acide carbonique et 27,02 de carbone, soit 20,75 d'oxide de carbone et 22,52 de carbone.

1298. Amer de Welter. — L'acide nitrique produit aussi avec certaines substances végétales et animales, une matière jaune insoluble dans l'eau, d'une grande amertume, comme les substances précédentes, et qu'on désigne sous le nom d'*Amer de Welter* qui l'a trouvée.

DEUXIÈME DIVISION.

SUBSTANCES ORGANIQUES ANIMALES.

Ire SECTION. — PRODUITS NATURELS (1164).

PREMIER ORDRE : PRODUITS DE L'ORGANISATION.

PREMIER GENRE :

1299. La soie est une substance élaborée par la chenille du mûrier; elle est liquide, mais à mesure qu'elle sort par une double filière des organes de la chenille, elle se concrète, au contact de l'air atmosphérique, en un fil continu avec lequel l'insecte se construit la coque qui doit abriter sa chrysalide. Elle possède à peu près les propriétés physiques et chimiques des tissus cornés; on la dit composée de 0,72 à 0,73 de soie pure ou substance gélatineuse, de 0,23, 0,24 de matière gommeuse, de $\frac{1}{50}$ de cire et de $\frac{1}{60}$ matière colorante qui manque dans la soie blanche. Les cendres n'en ont pas été analysées, et l'analyse précédente est plus qu'insuffisante pour nous donner une idée de la cause de la coagulation de cette matière au contact de l'air. La matière gélatineuse ne serait-elle pas de l'albumine dont le menstrue se neutraliserait au contact de l'air? et la coagulation de la soie ne serait-elle pas analogue à celle de la fibrine (924, 846, 955)?

1300. Cette observation s'applique aux fils d'araignée qui nous paraissent une espèce de soie (648).

DEUXIÈME GENRE :

MATIÈRES COLORANTES.

1301. Nous renvoyons pour les principes généraux à ce

que nous avons dit des matières colorantes végétales (1216) et de la matière colorante du sang (930).

1302. Carmine (extraite de la *cochenille*, insecte qui vit attaché aux *cactus*). — Pour l'obtenir, on épuise par l'éther sulfurique, jusqu'à ce qu'il cesse de se colorer en jaune; ensuite par l'alcool qui se charge de la matière colorante écarlate, laquelle se dépose en partie par le refroidissement. On purifie le précipité à froid par de l'alcool très concentré (1249). Cette substance, d'un pourpre éclatant, a un œil cristallin; elle est inaltérable à l'air, fusible à 50°; détruite par l'iode et par le chlore presque instantanément, par l'acide nitrique, les acides sulfurique et hydrochlorique concentrés; très soluble dans l'eau, peu soluble dans l'alcool anhydre; insoluble dans l'éther, les huiles fixes et volatiles.

1303. Lac-lake et lac-dye. (Préparations tinctoriales qu'on tire de la *gomme laque* (1137). — Elle a été fort peu étudiée.

1304. Matière verte. — On trouve en abondance cette matière colorante dans les produits de l'élaboration du foie, où elle passe en partie au jaune, et surtout sur le placenta fœtal du chien, où elle forme des larges zones triangulaires, alternant avec des zones purpurines de même forme et de même grandeur. Celles-ci sont colorées par le sang dont la matière colorante semble s'être modifiée en vert dans les zones contiguës (1216). Il faut en dire autant de la matière verte des crustacés que la chaleur fait virer au rouge.

1305. Matière noire. — Le *pigmentum* qui colore la choroïde de l'œil, et le derme ainsi que les surfaces séreuses de la plupart des membranes des batraciens, me semble n'être encore qu'une transformation de la matière colorante du sang. Peut-être en est-il de même de l'encre que la sèche répand dans l'eau, pour se soustraire aux poursuites d'un ennemi. Cette liqueur est sécrétée par un appareil glandulaire qui me paraît avoir quelques rapports avec l'appareil urinaire, y compris les reins des animaux supérieurs. Dans certains cas maladifs, on a vu l'appareil urinaire de l'homme sécréter

une liqueur noire à laquelle Braconnot a donné le nom *mélaïnourine*.

1306. Certaines classes d'animaux, telles que celles des insectes et des poissons, présentent, surtout sous la zone torride, des nuances colorantes tout aussi nombreuses et tout aussi riches que la classe des végétaux; sans doute toutes ces nuances ont la même origine chimique (1217).

TROISIÈME GENRE :

ODEURS.

1307. Ce que nous avons dit au sujet des odeurs végétales s'applique immédiatement aux odeurs animales (1237). J'ajouterai seulement que le phosphore et le chlore (1173) paraissent aussi jouer un très grand rôle dans les combinaisons odorantes des animaux.

DEUXIÈME ORDRE.

PRODUITS DE LA DÉSORGANISATION, (α) NORMALE DES TISSUS VIVANS.

1308. Mucus animal. — Ce mucus, qu'on regarde comme une sécrétion particulière à toutes les surfaces muqueuses (578), n'est d'après nous que le produit de leur désorganisation normale et quotidienne, produit d'autant plus abondant que l'action vitale de ces membranes est plus énergique; en sorte que, d'après nous, leur inflammation n'est qu'un surcroît d'énergie provoquée par l'*irritation* nerveuse, toujours funeste, puisqu'elle abrége la durée en prodiguant l'activité. Le mucus nasal et celui des bronches se coagulent d'abord dans l'acide nitrique et finissent par s'y dissoudre; le mucus de la vésicule du fiel est coagulable par tous les acides et par l'alcool; celui des urines qui prend une couleur rose en se desséchant, est très soluble dans les alcalis et se précipite

par le tannin, mais non par les acides. Ces différentes réactions tiennent à la différence des sels que ces divers mucus contiennent. Il est à remarquer que le sel marin y existe en abondance. L'étude des mucus est une branche à poursuivre; elle est encore dans l'enfance; et peut-être la moitié de la physiologie est là.

1309. Sécrétions séreuses. — Il faut en dire autant de la sécrétion des membranes séreuses (578); ce que nous en savons ne vaut pas, pour ainsi dire, la peine d'être cité. Du mucus, de la soude, des hydrochlorates, des phosphates, c'est à peu près tout ce que nous ont signalé les analyses dans les sécrétions.

1310. Sueur. — Produit acide de la désorganisation du derme; l'hydrochlorate de soude y abonde ainsi que celui de potasse; on y trouve de l'acide acétique libre, de l'*osmazôme* d'après les uns, de la matière animale d'après les autres, des phosphates et des traces d'oxide de fer. La *transpiration insensible* ne peut pas contenir les matières fixes de la sueur; d'après Anselmino ce ne serait que de l'eau mêlée à de l'acide carbonique; les matières fixes qui résultent de la désorganisation du derme, se détachent en même temps, sous forme de plaques furfuracées peu visibles à l'œil nu.

1311. Urine. — Produit de l'action des reins sur le sang, espèce de *caput mortuum* rejeté dans la vessie urinaire par ces deux glandes. D'après l'analyse de Berzélius, l'urine humaine serait composée, sur 1,000 p., de 933 eau, 30,10 *urée*, 3,71 sulfate de potasse, 3,76 sulfate de soude, 2,94 phosphate de soude, 4,45 chlorure de sodium, 1,65 phosphate d'ammoniaque, 1,50 hydrochlorate d'ammoniaque, 17,14 lactate d'ammoniaque, acide lactique (862), *matière animale soluble* dans l'alcool et qui accompagne les lactates (874), matière animale insoluble dans l'alcool (430), urée qu'on ne peut séparer de la matière précédente; 51,66 de phosphate terreux avec une trace de chaux; 1,00 *acide urique*; 0,32 mucus de la vessie; 0,03 silice.

1312. Je ne m'arrêterai pas sur la matière animale si protéiforme que signalent tous les analystes dans leurs résultats. Je ferai seulement remarquer que l'urine varie à l'infini, sous le rapport des proportions et de l'existence de ces substances, selon la nature des constitutions et le genre de maladies, l'âge des individus et l'espèce d'animal.

1313. L'*urée*, signalée en 1775 par Rouelle, était regardée depuis le travail de Fourcroy et Vauquelin comme un principe immédiat. Wœhler a démontré que c'était une combinaison d'acide cyaneux et d'ammoniaque, qu'on peut reproduire artificiellement, soit en faisant passer dans l'ammoniaque les vapeurs d'acide cyaneux dégagées par la décomposition de l'acide cyanique, soit par la volatilisation de l'acide urique au moyen de la chaleur. Les vapeurs se composent alors d'acide cyanique et d'urée. L'urée (*cyanite d'ammoniaque*) est incolore, très soluble dans l'eau et dans l'alcool, cristallisable en prismes à quatre pans, transparens et nacrés, déliquescente seulement dans l'air humide, fusible à 120°, et décomposable en carbonate et hydrocyanate d'ammoniaque à une température plus élevée, et en acide cyanique presque pur; elle n'est pas précipitée par l'infusion de noix de galles.

1314. On la prépare, en évaporant l'urine fraîche jusqu'à consistance sirupeuse, précipitant l'urée à l'aide de l'acide nitrique, lavant le précipité cristallin, saturant l'acide par du carbonate de potasse, concentrant la liqueur, décolorant par le charbon animal, dissolvant l'urée dans l'eau froide, évaporant de nouveau, reprenant par l'alcool, et évaporant celui-ci.

1315. L'*acide urique* est blanc, pulvérulent, insipide, plus pesant que l'eau, insoluble dans l'alcool, peu soluble dans l'eau qui n'en prend que $\frac{1}{1700}$ à 100°, d'où l'acide se dépose par le refroidissement en petites lamelles. A chaud il décompose les carbonates, *il rougit très faiblement* le tournesol, produit, par la distillation, du carbonate et de l'hydrocyanate

d'ammoniaque, du pyro-urate de la même base et de l'acide pyro-urique.

Son analyse élémentaire présente les plus grandes divergences.

Carbone.	Azote.	Hydrog.	Oxigène.	
33.61	39,16	8,34	18,89	Bérard.
34,28	40,02	2,85	22,85	Prout.
39,88	31,13	2,22	26,77	Dobœreiner.

1316. Il me semble possible que l'acide urique ne soit qu'un mélange de matière organique (albumine) avec un cyanite acide d'ammoniaque; en sorte que les résultats de l'analyse différeraient selon que la substance analysée aurait été plus ou moins bien séparée de la matière organique. Les caractères physiques et chimiques de l'acide urique concordent très bien avec cette hypothèse.

1317. L'acide urique forme la partie blanchâtre et farineuse des excrémens des oiseaux.

1318. L'*acide purpurique*, qu'on obtient en traitant l'acide urique par l'acide nitrique, n'est peut-être qu'une transformation de la matière animale de l'acide urique. L'*acide rosacique* qui se dépose des urines, pendant le cours des fièvres intermittentes, n'est pas encore bien connu; et quant à l'acide pyro-urique, Wœhler pense que ce n'est que de l'acide cyanique; ne serait-ce pas un cyanite acide d'ammoniaque? On l'obtient en faisant sublimer l'acide urique.

1319. On m'a souvent invité à soumettre à des recherches de pure micrographie les produits liquides des plaies, suppurations, etc. J'avais beau déclarer qu'à la faveur de ce procédé les résultats seraient toujours les mêmes, quel que fût le genre de maladie; les médecins tenaient beaucoup à leurs espérances; et ils n'ont jamais été bien convaincus de l'impuissance de l'observation microscopique à cet égard.

L'étude comparative du pus et du sang, la mesure de leurs globules, devaient produire dans leur esprit des découvertes du premier ordre. Il est vrai que les micrographes formés à l'école de Leuwenhoek ne sortaient pas de ce cercle. Comment sont formés les globules que vous avez observés? C'était la première question raisonnable à adresser à un observateur. Ceux qui auront lu attentivement les divers principes que nous avons déduits de l'expérience directe au sujet de ces globules (291,920,842), reviendront, je le pense, de ces préjugés. La forme et le nombre, la présence même des globules d'un pus ne sont que des circonstances infiniment accessoires de la présence de l'albumine dans ce liquide; et sous ce rapport tous les pus sont réellement identiques, car tous renferment en plus ou moins grande quantité des globules qui se déforment plus ou moins facilement. Aussi ai-je toujours refusé de sacrifier, à des recherches aussi stériles, un temps que j'avais à consacrer à des études, dont les résultats furent accueillis d'abord avec moins de faveur que ne l'auraient été ceux de l'étude que l'opinion semblait imposer, mais qui ont fini par rester à la science.

1320. La différence des produits de la désorganisation anormale (maladie) consiste dans la nature et la proportion des sels qu'on n'a qu'imparfaitement reconnus, et surtout des sels ammoniacaux, dont l'acide appartient peut-être à la famille du cyanogène. Voilà l'étude à laquelle il faut se livrer avec persévérance, et jusqu'à ce qu'on ait obtenu une généralité bien constatée.

1321. Gale.—On a attribué pendant long-temps la cause de cette éruption cutanée à la présence et à la piqûre d'un insecte, que l'on avait pourtant vainement cherché dans les pustules des galeux de Paris. En 1812 Galès annonça, dans une thèse *ex professo*, avoir découvert plus de 200 fois cet insecte dans les galeux des hôpitaux de la capitale; il en fit graver une belle figure, et le montra même vivant à une commission de médecins et de naturalistes. Depuis cette

époque aucun observateur ne fut aussi heureux que Galès. Cela n'était pas étonnant. Car, ainsi que je l'ai démontré en 1829[1], le mémoire de Galès était une pure mystification; et, au lieu de l'insecte de la gale, Galès avait soumis à l'inspection de la commission l'insecte de la farine et du fromage[2]. Cependant, dans le travail que nous publiâmes alors pour réfuter le mémoire devenu classique de Galès, nous posions en principe, que cette mystification ne devait pas porter à conclure que l'insecte signalé dans la gale, par les observateurs les plus consciencieux, n'existait pas, et que dans un autre climat, et peut-être dans une autre espèce de gale, il serait possible de le trouver. La question en était là, lorsque j'eus l'occasion d'observer la gale du cheval[3]. Je retrouvai l'insecte qu'avait signalé Dégeer, et qu'il avait figuré d'une manière à la vérité informe et grossière. Comme cette question a acquis en médecine une certaine importance, j'ai pris soin de dessiner (pl. 10, fig. 7,8,9), à un grossissement de 100 diam., cet insecte parasite, avec tous les détails que j'ai pu observer. L'insecte de la gale a le corps blanc, luisant, et les pattes ainsi que le museau purpurins, pourvu qu'on l'observe par réflection (par réfraction ses pattes et son museau sont transparens et jaunâtres). Mais ce qui établit une différence énorme entre les deux insectes, c'est que, dans l'insecte de la farine (sarcopte de Galès), *les huit pattes* sont réunies autour d'un plastron placé sur le thorax, tandis que, dans l'insecte de la gale du cheval, les deux paires antérieures sont pressées contre la tête et forment avec elle une espèce d'éventail, et que les deux autres paires sont séparées des deux premières par un espace assez considérable, et insérées deux à deux sur chaque côté de l'abdomen. Les pattes et la tête surtout sortent de tout autant de four-

(1) Voy. *Annal. des Sc. d'obs.*, tom. II, pag. 446, 488. 1829, et tom. III, pag. 298. 1830.

(2) *Ibid.* Tom. II, pl. 12, fig. 3.

(3) *Lancette française*, 13 août 1831.

reaux, qui donnent un peu, à la forme générale du corps, celle de certains oursins aplatis et foliacés, ou celle de certaines écailles de poissons. Les pattes des deux premières paires ont en longueur le double de la tête; celles de la troisième paire sont beaucoup plus longues, et celles de la dernière paire sont les plus courtes et les plus grêles. Les pattes sont toutes composées de quatre articulations, sans compter une pièce basilaire en triangle rectangle dont l'hypothénuse est dirigée à l'opposé de la tête. La *dernière articulation* (pl. 10, fig. 10 *b*) est terminée par deux poils (*a*) (extrêmement longs sur les pattes de la troisième paire), et en outre d'un long *onglet diaphane et flexible* (*c*) composé de deux articulations et terminé par une ventouse ou pelote visqueuse, qui s'attache au plan sur lequel chemine l'insecte, et qui achève de donner à cet organe la forme d'une trompette. Les *articulations* supérieures sont munies de un ou deux poils chacune. La *tête* est pyriforme, prolongée en un suçoir rétractile. Entre la tête et le suçoir se trouvent les yeux transparens, mais peu saillans; au-devant d'eux on remarque deux petites antennes en massue, et plus près de l'orifice de la bouche deux palpes de même forme et de même longueur. La forme du *mâle* (fig. 8)[1] diffère un peu de celle de la *femelle* (fig. 7); *celle-ci* est beaucoup plus grosse, plus bombée, et la partie inférieure de son abdomen, ainsi qu'on le voit sur la figure, est arrondie, armée de chaque côté de l'anus d'une touffe de quatre poils. Le *mâle* au contraire plus aplati et bien moins ovale, possède de chaque côté de l'anus un gros tubercule, divisé en deux compartimens, par une articulation, et terminé par deux poils assez longs. La femelle a à peu près un sixième de ligne en longueur, et en largeur un septième. On voit le mâle (*a*) et la femelle (*b*) accouplés dans la figure 9. Cet animal résiste à la vapeur de soufre dégagée par une allumette; et je l'ai vu s'agiter

(1) La femelle est vue par le ventre et le mâle par le dos.

pendant plus de trois heures dans la chlorure d'oxide de calcium.

1322. Je suis convaincu que cet insecte se retrouvera dans les pustules galeuses de l'homme des climats chauds, ou différentes de celles de la capitale; et les figures de Dégeer [1], toutes grossières qu'elles sont, indiquent suffisamment que cet insecte n'est autre que celui de la gale du cheval. Mais la conséquence essentielle de ces résultats, c'est que l'insecte de la gale, au lieu d'en être l'artisan, n'est que le parasite de cette maladie. Il paraît probable aussi que la gale des climats du nord diffère comme espèce de celle des climats du midi. A Paris j'ai vu un de mes élèves s'inoculer impunément la gale; et elle est ici bien moins contagieuse et bien plus facile à guérir que dans les pays chauds.

(γ) PRODUITS DE LA DÉSORGANISATION PAR LA CHALEUR.

1323. Ces produits diffèrent en général de ceux de la combustion des substances végétales (1243), par l'abondance des sels ammoniacaux, parmi lesquels doivent dominer les hydrosulfates, les cyanites et les cyanates, et qui n'ont point fixé encore positivement l'attention des chimistes, enfin par une huile empyreumatique fétide et indéfinissable par la même raison. Le charbon animal jouit, à cause de sa grande porosité, de la faculté absorbante et décolorante au plus haut degré. Les sels ammoniacaux se forment pour la plupart par des doubles décompositions, et peut-être par des nouvelles combinaisons du gaz azote et de l'hydrogène à l'état de gaz naissant.

(δ) PRODUITS DE LA DÉSORGANISATION DES TISSUS FRAPPÉS DE MORT (1239).

1324. Qui ne connaît les effets foudroyans des vapeurs dégagées des fosses d'aisance, et les effets pestilentiels des

(1) Tom. VII de ses *Mém. pour l'Hist. des Ins.*, pl. 5. — *Annal. des Sc. d'obs.*, tom. II, pl. 12, fig. 2.

exhalations des cadavres abandonnés à l'air? Ici, comme dans la désorganisation précédente, abondent les sels ammoniacaux indéterminés, mais surtout combinés avec les acides hydrocyanique, cyanique, hydrogène sulfuré, qui s'exhalent aussi à l'état libre. Nous nous sommes déjà occupés ci-dessus de la théorie des miasmes (1245). L'étude de ces produits n'a pas été faite.

2e SECTION : PRODUITS ARTIFICIELS.

1325. PRODUITS DE L'ÉBULLITION : OSMAZÔME et GÉLATINE. — L'OSMAZÔME s'obtient en évaporant le bouillon de viande, le sérum du sang, ou même une décoction de champignon. Le résidu est brun rougeâtre, transparent, d'une saveur *âcre*, d'une odeur aromatique ; il est très soluble dans l'eau et dans l'alcool; l'acétate et le nitrate de plomb le précipitent de sa dissolution aqueuse. L'osmasôme, que, de l'aveu des chimistes, on n'est jamais parvenu à obtenir pure, contient toujours de l'hydrochlorate et du *lactate de soude*. Ce dernier mot nous fournit la solution du problème; et l'osmazôme n'est qu'une combinaison impure d'albumine et d'acide acétique (acide lactique 862), qui par conséquent est également soluble dans l'eau et dans l'alcool.

1326. La GÉLATINE ou COLLE-FORTE s'obtient en faisant bouillir le tissu cellulaire, la peau, les tendons, les ligamens et les cartilages pendant quelque temps avec de l'eau, clarifiant au filtre, et refroidissant la dissolution concentrée qui se prend en masse et que l'on laisse dessécher à l'air; on en obtient des os, en les dépouillant des phosphate et carbonate de chaux (544), au moyen de l'acide hydrochlorique à 22° de B. étendu de 4 p. d'eau, dans lequel les os restent plongés 8 à 10 jours. On les lave ensuite à l'eau froide pour enlever l'acide et les sels. Enfin on les traite à l'eau bouillante pendant quelques heures. Par tout ce que nous avons dit sur les mélanges d'acide et de substances animales (506), il doit paraître évident que la gélatine ainsi traitée renferme

toujours des traces appréciables d'acide hydrochlorique. Aussi les industriels à qui nous avons soumis cette observation n'ont pas hésité à nous avouer qu'à la vérité cette gélatine corrodait les chaudières en cuivre.

1327. Papin, dès 1681, avait proposé d'extraire la gélatine des os à l'aide du digesteur. Darcet a fait observer qu'au-delà de 110° la chaleur enlève à la gélatine la propriété de se prendre en masse par le refroidissement. Ce résultat n'empêcherait pas la gélatine de servir comme aliment. Darcet a fait encore observer que la graisse qui se trouve dans les os avec la gélatine s'acidifie sous l'influence de la chaleur et du carbonate de chaux, et que le savon qui en résulte bouche les pores des os et empêche l'eau de pénétrer dans leur tissu. Nous ne pensons pas qu'il se produise un savon acide, qui serait soluble dans l'eau bouillante, même en dépit du carbonate de chaux. Nous sommes persuadés au contraire que cet effet provient d'une altération par la chaleur de la membrane albumineuse des os (188), qui la rend imperméable à l'eau; quoi qu'il en soit, Darcet a raison de conseiller de broyer les os, afin d'éviter cet inconvénient et mettre plus de molécules en contact avec l'eau.

1328. La propriété nutritive de la gélatine n'autorise pas à admettre que seule cette substance puisse indéfiniment servir à l'alimentation de l'homme; la variété des alimens est une condition indispensable de l'alimentation. Voyez ce que nous avons déjà dit à ce sujet (886).

1329. On aurait tort de croire que l'acide hydrochlorique ait privé le tissu membraneux des os (543) de tout le phosphate qui lui est associé; on en trouvera toujours dans les cendres; et la gélatine ne nous paraît être même que l'association de ces sels et de la matière organique ramenés par une plus grande imbibition d'eau, peut-être un peu acidulée (468), à l'état par lequel tous les tissus passent avant de se solidifier. Car les os, les chairs et les cartilages n'ont été primitivement qu'une substance gélatineuse organisée.

1330. La colle de poisson, qui par l'ébullition donne une colle capable de clarifier (704), est composée de lambeaux agglutinés et tordus de la vessie natatoire des poissons et entre autres de celle des esturgeons.

1331. Voyez l'analyse élémentaire de la gélatine, p. 135.

1332. PRODUITS DES RÉACTIONS DÉSORGANISATRICES. — ACIDES HYDROCYANIQUE OU PRUSSIQUE, CYANIQUE, CYANEUX et leur radical CYANOGÈNE [1]. — Ces acides n'existent pas libres, au moins en une certaine quantité, dans la nature; l'avidité de l'acide prussique pour les bases des tissus est telle que quelques gouttes introduites dans la gueule d'un chien vigoureux le frappent de mort comme la foudre. Cependant il paraît exister dans les feuilles du laurier-cerise, dans les amandes amères, l'amande des cerises noires, les amandes, les feuilles et les fleurs de pêcher, enfin dans quelques écorces; quelques-uns de ces organes exhalent même son odeur d'une manière distincte; les amandes amères en ont toute la saveur. L'acide prussique se forme de toutes pièces, ou peut-être se dégage-t-il de ses combinaisons, toutes les fois qu'on soumet à la distillation des matières végétales ou animales *azotées* (439). Dans l'opération qui produit le bleu de prusse (939), il ne serait pas invraisemblable que la potasse, au lieu d'en déterminer la formation, comme le pensent les chimistes, n'ait d'autre but que de l'isoler de ses autres bases.

1333. On obtient l'acide prussique ou hydrocyanique, en traitant le deuto-cyanure de mercure par les deux tiers de son poids d'acide hydrochlorique liquide fumant, ou par l'hydrogène sulfuré. L'acide hydrocyanique étant très volatil, puisqu'il bout à 26° 5, on en recueille les vapeurs dans un récipient qu'on a grand soin d'entourer de glace. Mais comme il passe en même temps de l'eau et de l'acide hydrochlorique, on place dans le long tube coudé qui communique de la cornue au récipient, du chlorure de chaux et des

(1) De *cyanos* (bleu); à cause de la combinaison bleue que ces acides donnent avec le fer, et que l'on désigne sous le nom de bleu de prusse.

fragmens de marbre; et, quand on voit que les produits liquides se sont accumulés dans le coude du tube, on cesse de chauffer la cornue, pour chauffer le coude d'où l'acide hydrocyanique se dégage seul dans le récipient ; l'acide hydrochlorique et l'eau étant retenus l'un par la chaux et l'autre par le chlorure de chaux.

1334. Le *cyanure de mercure* s'obtient en faisant bouillir, dans un matras, 8 parties d'eau, deux parties de bleu de prusse en poudre (hydro-ferro-cyanate de protoxide fer) et 1 partie de deutoxide de mercure; on filtre, et le cyanure de mercure se dépose par le refroidissement. Ce cyanure se compose de 100 de mercure et 26,089 de cyanogène qui est le radical de l'acide prussique ou hydrocyanique.

1335. Le *cyanogène* s'obtient en décomposant par le feu le cyanure de mercure sec et cristallisé, et recueillant les vapeurs sous le mercure.

1336. Le *cyanogène* est une combinaison de deux volumes de vapeur de carbone et d'un volume d'azote condensés en un seul.

1337. Dans l'acide hydrocyanique, ce radical binaire se trouve combiné avec un volume d'hydrogène.

1338. Dans l'acide *cyanique*, le *cyanogène* est combiné avec deux volumes d'oxigène.

1339. Dans l'acide *cyaneux*, au contraire, le cyanogène n'est combiné qu'avec ½ volume d'oxigène.

1340. On obtient l'acide cyanique en dissolvant dans l'eau le perchlorure de cyanogène et évaporant la dissolution à siccité.

1341. Wœhler a obtenu l'acide cyaneux en distillant l'acide cyanique sec ; une partie de celui-ci se sublime sans altération, une autre partie se décompose en acide cyaneux, en azote et en acide carbonique.

1342. La nature et les bornes de cet ouvrage ne me permettent pas d'entrer, à cet égard, dans de plus longs détails.

DEUXIÈME CLASSE.

BASES DES TISSUS.

PREMIÈRE DIVISION.

BASES INCRUSTÉES.

1343. La cellule végétale, ainsi que la cellule animale, est une espèce de laboratoire de tissus cellulaires qui s'organisent et se développent dans son sein (174, 426). Ses parois imperforées, à en juger par nos instrumens grossissans les plus forts, ont la propriété de puiser, par aspiration, dans les liquides ambians, les élémens nécessaires à cette élaboration (780). Elles ont donc la propriété de faire comme un triage, d'admettre certains matériaux, et d'arrêter au passage certains autres, et par conséquent de séparer les élémens de certaines combinaisons, pour n'en adopter qu'une partie.

1344. Or, quand cette élimination a lieu à l'égard des sels, il peut arriver que la partie éliminée soit, ou une base insoluble, ou un sel qui ne devait sa solubilité qu'à la présence du menstrue que les parois de la cellule ont décomposé à leur profit; alors cette base et ce sel resteront incrustés sur la surface de la cellule. Nous avons vu déjà un exemple de ce phénomène sur la surface des tubes internes de *chara* (775); et nous avons fait remarquer que ce carbonate de chaux, tenu en suspension par l'eau à la faveur d'une certaine quantité d'acide carbonique que les *chara* s'assimilent, vient cristalliser, sur la surface aspirante, avec des formes

bien reconnaissables, quand les cristaux sont isolés (772). Nous avons dit en même temps que les conferves présentaient le même phénomène (806).

1345. Les os, dont nous avons déjà étudié le développement (545), ne se forment pas autrement. Les valves des coquilles (557), les rameaux arrondis des oculines, les larges expansions des madrépores s'accroissent, ainsi que les os, par des incrustations de carbonate de chaux, qui se déposent sur les parois internes des vaisseaux plus ou moins serrés de leurs membranes. Toutes ces substances sont redevables de leur solidité à l'abondance de ce sel terreux, et elles doivent leur poli nacré à la membrane qui recouvre le carbonate. Nous imitons cet ingénieux procédé de la nature dans la fabrication du *stuc*, qui n'est qu'un mélange desséché de matière animale (*gélatine* ou *amidon*) avec du gypse. Le nacre artificiel enfin n'est autre que ce secret surpris par l'art à la nature.

1346. Je vais joindre à ces exemples deux cas assez curieux d'incrustations organiques.

§ 1. Incrustation de silice cristallisée[1].

1347. Lorsqu'on observe, à un faible grossissement, un fragment de la spongille des étangs[2], on remarque que son tissu se compose de cellules hexagonales, dans les interstices desquelles se feutrent des poils grêles, longs et hyalins (pl. 12, fig. 1) qui en font paraître les bords ciliés à l'œil nu.

1348. Isolés de la substance organique, et observés dans l'eau, ils apparaissent comme des poils de graminées, de $\frac{1}{3}$ de millim. en longueur sur $\frac{1}{70}$ en épaisseur (164) et leurs extrémités sont obtuses (fig. 3). Mais à sec ou en ayant soin de diminuer l'intensité de la lumière (45 [1]), ils présentent, dans

(1) *Mémoire sur les Spongilles*, tom. IV des Mém. de la Soc. d'hist. nat. de Paris. 1828.

(2) On trouve en abondance ce polypier dans l'étang de Plessis-Piquet, près de Paris.

le sens de leur longueur, trois lignes parallèles, dont la médiane blanche et les deux latérales noires, et se terminent en une pointe longue et acérée (fig. 2); en les faisant rouler dans le liquide, par l'agitation qu'on imprime mécaniquement, ou à l'aide de l'alcool, on s'assure qu'ils présentent toujours à la fois ces trois lignes parallèles, d'où l'on conclut que ce sont des prismes à six pans.

1349. En effet, soit l'hexagone (fig. 6) *a b c d e c*, qui représente une coupe du cristal perpendiculaire à ses pans. Que l'on suppose le pan *c d* appliqué contre le porte-objet du microscope. Il est évident que la lumière réfléchie sur le porte-objet par le miroir, traversera, sans être divisée, le parallélogramme *a b c d*, et parviendra tout entière à l'objectif; quant aux rayons lumineux qui tomberont sur les pans obliques *e c* et *e d*, ils éprouveront une réfraction par l'effet des deux prismes latéraux *a e c* et *b e d*, et seront par conséquent rejetés à droite et à gauche du foyer du microscope. L'œil placé au microscope devra donc voir trois lignes parallèles dont la médiane *a b* éclairée, et les deux autres obscures et égales à *e f* qui est la moitié du rayon *e g*. Cependant, par un effet de la diffraction des rayons lumineux, la ligne éclairée n'est jamais aussi large que l'indique la démonstration. Mais comme ses rapports avec les deux lignes noires restent toujours les mêmes, cette observation ne détruit en rien le résultat du raisonnement.

1350. Quoiqu'en général les cristaux soient droits et allongés, on en trouve cependant un certain nombre qui se sont, pour ainsi dire, moulés sur la convexité des cellules, et qui sont restés courbes (fig. 4). Telle en est la forme: étudions-en maintenant la nature.

1351. En observant à la loupe un morceau de spongille brûlé à la flamme du chalumeau, on dirait que son tissu n'a pas changé de formes; mais, à un grossissement plus fort, on reconnaît que toute la matière organique a été incinérée, et que l'illusion provient du feutre épais que forment en-

tre eux les petits cristaux que nous venons d'examiner. Le feu ne les a nullement altérés.

1352. L'acide nitrique bouillant dévore la matière organique, mais n'attaque en aucune manière les cristaux.

1353. Lorsqu'on les a ainsi isolés, la potasse caustique les fait entièrement disparaître par la chaleur ; la masse se dissout dans l'eau, et l'acide sulfurique en précipite des flocons gélatineux, qui se comportent après le lavage comme la silice.

1354. Ces cristaux sont donc des longs prismes de silice ; mais pourtant leurs pyramides aiguës présentent en cela une grande différence avec les cristaux ordinaires de quartz. Leur pyramide paraît d'autant plus aiguë qu'on observe avec une attention moins soutenue ; car en la fixant plus spécialement, on est tenté de penser qu'elle est formée par deux décroissemens successifs (pl. 12, fig. 5) ; si ce caractère est réel, comme je le crois, cette forme cristalline de la silice pourrait prendre la dénomination de *quartz hypéroxide*.

1355. On retrouve ces mêmes cristaux dans les éponges et dans la pulpe médullaire, si je puis m'exprimer ainsi. des polypiers connus sous le nom *d'Oculines* (1345).

1356. Telle était, il y a encore peu de temps, la manière dont on interprétait les effets de lumière au microscope, qu'un auteur a pris la ligne médiane blanche du cristal pour l'indice d'un canal intérieur. Si ces corps étaient canaliculés, il est évident que, placés dans l'eau après avoir été rompus à l'air, leur ligne médiane serait noire au lieu d'être blanche, à cause de la différence du pouvoir réfringent de sa capacité (164). Mais une simple coupe un peu oblique du cristal suffit pour détruire cette illusion, en présentant une base obscure et homogène (pl. 3, fig. 11 g').

1357. L'écorce des bambous et l'épiderme de la paille renferment une grande incrustation de silice dont je n'ai pas encore déterminé la cristallisation.

§ 2. Incrustation de phosphate de chaux cristallisé[1].

1358. Si l'on déchire, sur une goutte d'eau placée au porte-objet, un fragment de tige ou feuille de *phytolacca decandra*, la base étiolée de nos *orchis*, *ornithogalum*, *narcissus*, *hyacinthus*, et d'une foule de monocotylédones à corolles, on voit se répandre dans l'eau une multitude de petites aiguilles libres, mais qui tantôt se réunissent par un bout et divergent par l'autre pour former des étoiles, et tantôt glissent successivement l'une contre l'autre (pl. 12, fig. 6') jusqu'à imiter d'une manière frappante le *vibrio paxillifer* de Muller[2]. Or, par des dissections faites avec un certain soin, on trouve que ces aiguilles sont rangées pariétalement contre la paroi externe des vaisseaux de la plante, qu'elles tapissent avec une grande régularité dans leur disposition.

1359. Il est facile de s'assurer qu'elles ne se trouvent jamais dans l'intérieur d'une cellule; car elles sont longues de $\frac{1}{10}$ de millimètre sur $\frac{1}{300}$ en largeur environ, et le diamètre des cellules de certains de ces végétaux ne dépasse pas $\frac{1}{20}$ de milimètre.

1360. On constate leurs formes cristallines par le même procédé que ci-dessus (1347), et l'on s'assure de même que ce sont des prismes à six pans terminés, à chaque bout, par une pyramide de même base (fig. 7). Mais il faut employer à cet effet un très fort grossissement (de 500 à 1000 diamètres).

(1) Mém. ci-dessus cité. Et, dans le même volume, *Nouvelles Observations sur les cristaux calcaires*. Voy. de plus *Nouveaux coups de fouet scientifiq.*, pag. 25. 1831. Chez Meilhac.

(2) Ce *Vibrio* n'est peut-être que le résultat du déchirement de quelque fragment des plantes ci-dessus, ou bien c'est une ulve dans l'interstice des tubes ou cellules de laquelle la silice se sera cristallisée, comme dans les spongilles; j'ai déjà vu quelque chose d'analogue dans une substance voisine du *Vibrio paxillifer*, si toutefois elle n'est pas identique.

1361. L'alcool, l'éther, l'ammoniaque, l'eau bouillante, le plus long séjour dans l'eau où macère la plante (un an par exemple) n'attaquent nullement ces aiguilles.

1362. Les acides végétaux ne les attaquent pas. Les acides minéraux les dissolvent sans la moindre trace d'effervescence. L'oxalate d'ammoniaque en précipite de la chaux quand l'acide qui les dissout n'est pas en excès.

1363. Exposés à la chaleur rouge sur une lame de verre, et observés ensuite au microscope, ces cristaux n'avaient pas subi la moindre altération, et l'acide minéral les dissolvait même alors sans effervescence.

1364. Ces aiguilles ne sont donc ni un carbonate calcaire, ni un oxalate, que la chaleur pulvérise et change en carbonate. On pourrait, à leur forme et à leur grosseur, les confondre avec le sulfate de chaux; mais les aiguilles du sulfate de chaux se réduisent en poussière à une faible température, fondent à une température plus élevée, tandis que le phosphate de chaux est infusible au chalumeau, si on le traite seul et sans fondant. On peut faire comparativement l'expérience, en soumettant à la même chaleur deux lames de verre, dont l'une supporte les aiguilles isolées de nos orchis, et l'autre les aiguilles de sulfate de chaux obtenues par l'évaporation d'une solution acide de craie et d'acide sulfurique.

1365. Les aiguilles des végétaux dont nous parlons sont donc des cristaux aciculaires de phosphate de chaux, qui, comme on le sait, abonde dans les tissus des plantes [1]. Le tissu des feuilles et tiges du *phytolacca decandra* est feutré par ces aiguilles, presque autant que celui des spongilles par les cristaux de quartz.

1366. Tel est encore le sulfate de chaux (gypse ou

(1) Ces petites aiguilles ont été prises pour des organes ou des poils que l'on a nommés *raphides*, à peu près au moment où nous avons publié notre premier travail. On les avait figurés, avec la forme de la fig. 3, pl. 12, en vertu de l'illusion que nous avons signalée plus haut (1348). Jurine, qui le premier les entrevit, avait commis la même erreur (*Journal de Phys.* 1802. Pag. 187, 188).

plâtre) que certaines espèces de plantes, les légumineuses surtout, s'assimilent avec une avidité si remarquable, que leurs tissus glutineux, en s'en incrustant, finissent par devenir imperméables à l'eau. De là vient que leurs semences farineuses refusent de cuire (76) et de se ramollir par l'ébullition, lorsqu'on a *plâtré* la plante, ou qu'on se sert d'une eau séléniteuse pour les faire cuire.

§ 3. Incrustation cristalline d'oxalate de chaux [1].

1367. Dans les tubercules d'iris de Florence, je découvris des cristaux d'une autre forme et qu'aucun observateur n'avait jamais rencontrés dans les végétaux. On les aperçoit facilement en obtenant des tranches minces de ces tubercules. La figure 10, pl. 12, représente une de ces tranches. On y voit les cristaux *a* saillir au dehors d'un tissu cellulaire à mailles carrées oblongues *b*, dont ils occupent les interstices; et ils forment ainsi des rubans diaphanes entre le tissu cellulaire féculent *c* qui est opaque, à cause des grains de fécule qui l'obstruent (109).

1368. Ces rubans de cristaux, comme les précédens, tapissent les vaisseaux qui s'anastomosent dans le sein du tubercule.

1369. Lorsqu'on en tire un, à l'aide d'une pointe, du fourreau dans lequel il est plongé, on le trouve souvent terminé comme le montre la figure 8, ce qui rappelle grossièrement, il est vrai, la figure d'une flèche. Ces cristaux ont $\frac{1}{50}$ de mill. en largeur, et la plupart d'entre eux atteignent $\frac{1}{3}$ de mill. en longueur. Pour reconnaître leur forme cristalline, soit la fig. 7, pl. 6. On voit que le cristal n'offre ici qu'une large bande blanche terminée par deux facettes obliques et qui par conséquent sont obscures, vu qu'elles dévient les rayons lumineux à la manière d'un prisme. Mais si, à l'aide d'une pointe ou d'une goutte d'alcool (1348), on

(1) Mém. ci-dessus cités.

fait tourner le cristal sur lui-même, on lui voit prendre successivement l'aspect de la fig. 8 et celui de la fig. 7. Or, ces circonstances indiquent évidemment que ces cristaux sont des prismes rectangles, terminés par une pyramide à quatre faces qui résultent du décroissement sur les angles. Car lorsque le prisme à quatre pans est appliqué par une de ses faces contre la lame horizontale du porte-objet, il est évident que les rayons lumineux traverseront toute la substance du cristal sans se dévier. Mais lorsque le cristal sera incliné sur un de ses angles, alors toutes les faces étant obliques, par rapport au foyer du microscope, joueront le rôle de prismes, dévieront les rayons lumineux à droite et à gauche; le prisme restangle offrira donc trois bandes longitudinales parallèles, dont la médiane blanche et les deux latérales obscures, et enfin il se rapprochera, à la faveur de cette illusion, de la forme des cristaux à six pans dont nous nous sommes occupés plus haut (1349). Mais cette illusion disparaîtra toutes les fois que le cristal s'appliquera, contre le porte-objet, par une de ses faces.

1370. Si l'on veut maintenant obtenir la mesure de ses angles, on aura recours au goniomètre microscopique décrit au commencement de cet ouvrage; et l'on trouvera que l'angle *a b c* (fig. 7, pl. 6) = 62 et par conséquent l'angle *b c d* = 149 [1]. L'inclinaison d'une face sur l'arète est donc environ de 162°. Quand une face envahit toutes les autres, le cristal est alors terminé en bec de hanche, en burin, ainsi que le montre la fig. 11, pl. 12; ce qui provient peut-être du clivage d'un cristal fracturé.

1371. Ces cristaux sont insolubles dans l'alcool, l'éther, l'eau bouillante; et la plus longue macération des tubercules dans l'eau froide ne parvient pas à les attaquer. Les acides

(1) L'acide tartrique précipite la chaux, en cristaux analogues à ceux de l'oxalate de chaux, par leurs formes et par leurs dimensions (pl. 6, fig. 6); mais ils s'en distinguent par l'ouverture de l'angle *a b c* qui est de 102 et en conséquence par celle de l'angle *b c d* = 129.

végétaux, l'acide oxalique lui-même bouillant ne les attaque pas non plus.

1372. Mais les acides minéraux étendus ou concentrés les dissolvent sans la moindre effervescence, et l'ammoniaque y détermine un abondant précipité.

1373. La potasse caustique, même à l'aide de la chaleur, ne les attaque pas non plus. Elle les isole au contraire très bien de leurs fourreaux organiques, par la propriété qu'elle a de transformer les tissus en acide oxalique (1183). Aussi peut-on obtenir, par ce moyen, ces cristaux, à l'état de la plus grande pureté, après quelques lavages.

1374. Si on les soumet au feu sur une lame de verre, et qu'on les examine au microscope après le refroidissement, ils ne semblent avoir changé ni d'aspect ni de forme par réflection; par réfraction, ils ont un aspect un peu opaque et des taches noirâtres. Mais alors une goutte d'acide végétal ou minéral étendu suffit pour les dissoudre, avec une effervescence qui fait voltiger le cristal, comme une fusée, dans le liquide.

1375. Or, tous ces caractères appartiennent exclusivement à l'oxalate de chaux.

1376. Dans les feuilles de rhubarbe on trouve les mêmes cristaux, mais agglomérés (fig. 9 *a*), rarement isolés (*b*); et quand ils le sont, on observe toujours que les bases des deux pyramides opposées sont contiguës (*b*)[1].

1377. Les cristaux de l'iris de Florence ou germanique se retrouvent en plus grande abondance dans les tissus âgés du *Cactus peruvianus* (cierge du Pérou), et là ils affectent les mêmes dimensions et la même disposition que dans le tubercule d'iris, en sorte que la fig. 10 peut servir pour les uns et pour les autres[2].

1378. Je suis convaincu que les cristaux d'oxalate de chaux

(1) Tom. IV des Mém. de la Soc. d'hist. nat. de Paris. *Notes additionnelles sur l'alcyonelle et les spongilles*, 2°.

(2) *Nouv. coups de fouet scientifiques*, p. 25. 1831. Chez Meilhac, in-8°.

sont formés, comme ceux de phosphate, dans les interstices des cellules allongées (pl. 12, fig. 10 *b*), non-seulement par l'analogie de leur position autour des vaisseaux, non-seulement par leur disposition bout à bout, mais encore par tout ce que nous avons dit sur la cause et le mécanisme de l'incrustation. Au reste, jamais je n'ai aperçu de cristaux dans le sein d'une cellule vivante et d'accroissement (174), c'est-à-dire élaborant la substance verte ou la gomme.

§ 4. Influence des tissus organiques sur la cristallisation.

1379. L'oxalate de chaux ne cristallise point dans nos laboratoires, au moins d'une manière appréciable à nos instrumens grossissans; il se précipite en une poudre fine et amorphe. Les tissus organiques ont la propriété de modifier, de favoriser et même de déterminer la cristallisation de certaines substances, que la violence de la réaction ne nous permet d'obtenir qu'à l'état de poudre. J'ai bien des fois répété une expérience dont il m'a été impossible de retrouver la note depuis le bouleversement de mes papiers. Je me rappelle qu'en mélangeant une solution concentrée de gomme avec de la chaux, de l'acide phosphorique, de l'hydrochlorate d'ammoniaque, de la potasse, de l'acide acétique, de manière que l'acide fût un peu en excès, il me suffisait de saturer par l'ammoniaque, pour précipiter le phosphate de chaux à l'état de belles lames cristallines, dont je pouvais facilement déterminer les angles à un faible grossissement [1]. Becquerel a déterminé la cristallisation de substances incristallisables par l'influence des forces électro-dynamiques : la puissance de l'organisation appartient peut-être à cet ordre de phénomènes physiques.

§ 5. Autres incrustations cristallines.

1380. Les cristaux calcaires que nous avons déjà eu occa-

(1) Je suis porté à croire que la lumière solaire et l'avancement de la saison jouent un très grand rôle dans cette production de la cristallisation.

sion de voir se former sur la surface des tubes de *chara* (775) se retrouvent encore dans le tissu des œufs de l'*Helix hortensis*.

1381. En 1830, le vénérable Lebaillif vint me montrer une poussière qu'un botaniste de la capitale lui avait donnée, comme le pollen d'une plante dont il le pria de taire le nom. Mais ce que le botaniste prenait pour les grains de pollen, c'étaient des cristaux octaèdres très réguliers, et qui rappelaient exactement la forme fondamentale, le noyau du *fluate de chaux*. Les grains de pollen, réduits à de très petites dimensions, nageaient à côté de ces cristallisations immobiles; mais leur petitesse les avait soustraits à l'attention du botaniste[1]. Je ne sache pas que depuis lors rien ait été publié à cet égard, et je n'ai pu déterminer la nature de cette substance, à cause de la faible quantité qui m'en fut laissée.

1382. Il existe certainement bien d'autres sortes d'incrustations sur les tissus végétaux. On pourra rencontrer l'oxalate, le phosphate et le sulfate de chaux à l'état amorphe et pulvérulent. Mais je ne possède encore rien de précis sur ce sujet fécond d'études.

§ 6. CALCULS URINAIRES, BILIAIRES.

1383. Ce n'est pas par un phénomène différent de celui de l'incrustation que se forment les calculs de la vessie, des articulations, du foie, etc. Leur analogie de développement avec les os (545) est rendue évidente par une coupe transversale; car on voit alors des emboîtemens concentriques, plus ou moins poreux et d'une apparence plus ou moins fibreuse, selon que l'incrustation a eu lieu dans des interstices cellulaires plus distans (1378). Leur origine comme tissu est démontrée, par l'emprisonnement fréquent des calculs urinaires dans une espèce de poche, qui est évidemment la cellule dans laquelle ils ont pris naissance. Ceux qui sont

(1) *Annal. des Sc. d'obs.*, tom. III, pag. 135. 1830.

libres n'ont pas une autre origine; seulement ils sont nés sur la paroi la plus superficielle de la vessie, et se sont détachés ensuite par l'effet de leur pesanteur.

1384. Ainsi on peut considérer un calcul urinaire comme un organe anormal dont le tissu s'est incrusté, ou bien d'un sel insoluble à base d'ammoniaque, soit acide (*calculs d'acide urique* (1314), soit alcalin, c'est-à-dire avec excès de base (*calculs d'urate d'ammoniaque*), soit neutre (*oxide cystique*); ou d'un double sel à base alcaline (*urate de soude*); ou bien de phosphate de chaux (1358); ou bien de phosphate de magnésie et d'ammoniaque; ou bien d'oxalate de chaux (1367); ou bien de carbonate de chaux, ce qui est très rare; ou bien enfin, ce qui est plus rare encore, des sels ci-dessus mêlés à un peu de silice.

1385. Les *calculs biliaires* ne seraient composés, d'après les chimistes, que de cholestérine et de matière jaune résineuse; l'étude des cendres n'ayant fixé leur attention que par l'importance de leurs proportions.

§ 7. PÉTRIFICATIONS.

1386. C'est dans le sein de la terre et sur une échelle bien plus large que ces incrustations anormales ont eu lieu sous l'influence des lois mystérieuses qui ont présidé aux pétrifications. Là les tissus mous des animaux inférieurs ont exercé, même après la mort de l'animal, un triage parmi les élémens terreux; et ce triage offre quelque régularité dans ses caractères. Ainsi dans les bélemnites des Alpes, les parasites que j'ai nommés *spirozoïtes* [1] se sont incrustés exclusivement de silice, quoique plongés au sein d'un organe qui s'incrustait lui-même de carbonate de chaux. Dans les marbres veinés, il est facile de voir que les veines de même couleur portent les traces d'une organisation identique, qui rappelle celle des polypiers mous ou des béroë, ou de toute autre espèce de cette grande classe d'animaux inférieurs

(1) *Annal. des Sc. d'obs.*, tom. I, p. 300. 1829.

qui encombrent les mers. Ces grands rognons ossiformes de *silex pyromaque*, qu'on trouve rangés horizontalement et par couches distantes dans la craie, ne sont peut-être que des triages opérés par l'aspiration anormale des tissus de grands vers marins, dont les analogues nous sont inconnus; il y a en effet, dans leurs variations bizarres, un type général de conformation que l'œil saisit très bien, quoiqu'il se refuse à la description.

DEUXIÈME DIVISION.

BASES COMBINÉES AVEC LES ÉLÉMENS DES TISSUS.

1387. En traitant des tissus de coton par l'acide sulfurique concentré, on parvient à obtenir de la gomme (227) qui ne diffère de la gomme arabique que par l'absence des sels qui abondent dans celle-ci (652).

1388. On obtient le même résultat en traitant de la même manière les tubes des *chara* (804) D'un autre côté, par l'incinération des fils de coton et des tubes de *chara*, on obtient du carbonate calcaire. Il est évident que si cette base n'existe pas à l'état d'incrustation sur le tissu organique, elle doit être combinée intimement avec la substance organisatrice de celui-ci, substance qui est la gomme. Or, pour se convaincre que la base ne se trouve pas ici à l'état d'incrustation, il suffit de laisser digérer ces tissus dans l'acide hydrochlorique étendu d'eau et partant incapable de désorganiser le tissu; après avoir bien lavé ensuite le tissu à l'eau pure, l'incinération fournira toujours la même quantité de sels calcaires. On peut reconnaître facilement la nature de cette base en opérant sur un seul tube de coton préparé comme ci-dessus. Il suffit de le tenir à un millimètre de la flamme blanche d'une chandelle, pour remarquer, sur la cendre qui se forme par la combustion, les scintillations éblouissantes qui rappellent le passage du calcaire à l'état alcalin.

1389. L'on remarque en même temps qu'en s'incinérant, le tube conserve sa forme primitive quoique réduite, mais que sa surface, au lieu de présenter un tout uni et compacte, est devenue percillée et pour ainsi dire réticulée; en sorte qu'on voit que l'incinération n'a eu lieu que par la volatilisation des molécules organiques, dont l'absence est marquée par les vides qui se montrent entre les molécules inorganiques.

1390. Cet effet s'observe, d'une manière piquante, au moyen du procédé suivant. On prend une lanière d'épiderme dont les réticulations cellulaires soient bien distinctes, comme sur la figure 7 de la pl. 3, et dont on a préalablement enlevé tous les sels incrustés, au moyen de l'acide hydrochlorique étendu et de lavages répétés. On l'étend sur une lame de verre mince, et on examine ou on en mesure même les compartimens cellulaires au microscope (176). On place ensuite avec précaution sur le feu cette petite lame que l'on fait chauffer au rouge pendant quelque temps. On la retire en l'éloignant peu à peu et graduellement de la chaleur. En l'observant alors au microscope, on croirait que ce tissu n'a nullement été altéré et que son organisation est restée intacte. Mais une seule goutte d'acide très étendu suffit pour détruire cette illusion, et ces réticulations y disparaissent avec rapidité [1].

1391. Il est donc évident que le sel forme la base des tissus dont la matière organique (*eau et carbone* 750) formait l'élément organisateur.

1392. Cette loi d'organisation n'est pas spéciale au règne

(1) Cette dissolution s'opère avec ou sans effervescence, selon que la lame de verre est restée plus ou moins long-temps exposée au contact de l'air après l'incinération du tissu. Car la chaleur ayant éliminé l'acide carbonique qui aurait pu rester associé à la chaux, il faut que celle-ci soit quelque temps en contact avec l'air, pour qu'elle redevienne carbonate, aux dépens de la faible quantité d'acide carbonique qui existe dans l'atmosphère. L'effervescence se reconnaît au microscope à un dégagement de petites boules noirâtres, marquées d'un point blanc au centre, et que nous avons dit être des bulles de gaz vues plongées dans l'eau (104). Nous les avons figurées pl. 6, fig. 12 *a*.

végétal. Soit en effet un tube rougeâtre de l'alcyonelle des étangs[1] lavé comme ci-dessus. Si on le fait ensuite incinérer dans une cuiller de platine, la masse se boursoufle, noircit et finit à la longue par s'incinérer. Les cendres restent tellement rougeâtres et papyracées, qu'on dirait que le tube n'a été que purifié et mis en pièces par l'action du feu, et que son organisation subsiste encore tout entière. Mais on s'assure du contraire, en les abandonnant dans l'acide hydrochlorique.

1393. En saturant l'acide par l'ammoniaque, on obtient un précipité abondant en flocons bleus qui, quelques heures après, deviennent tout-à-fait rougeâtres.

1394. Le nitrate de baryte et d'argent, l'oxalate d'ammoniaque, le sous-carbonate de potasse n'indiquent aucune trace de sel soluble ou insoluble dans ces cendres. Elles ne sont ni acides ni alcalines, l'eau ne leur enlève rien. L'acide nitrique ou hydrochlorique n'y manifeste pas la moindre effervescence (1390[1]). En les calcinant au feu avec de l'acide nitrique, il se dégage en abondance du gaz nitreux, et les cendres apparaissent alors plus rougeâtres et plus compactes qu'auparavant.

1395. Le prussiate ferruré de potasse aiguisé d'un acide leur communique la couleur bleue la plus intense.

1396. Ces cendres sont donc uniquement composées de fer qui paraît combiné avec le tissu à l'état de tritoxide, à cause de la couleur rougeâtre de ces tubes vivans, couleur dont ils ne sont redevables à aucune matière colorante soluble soit dans l'alcool, soit dans l'éther, soit dans les huiles, et que le prussiate ferruré de potasse change tout à coup en bleu intense.

1397. Il est vrai pourtant que le fer n'est pas la seule base dont l'analyse révèle l'existence dans le tissu du tube; car on observe, en l'incinérant, que la fumée ramène au bleu le tournesol rougi par un acide et répand une forte odeur d'écre-

(1) Voy. *Hist. de l'alcyonelle*, § 46, tom. IV des Mém. de la Soc. d'hist. nat. de Paris. 1828.

visse brûlée, ce qui démontre la présence de l'ammoniaque dans le tissu vivant. Peut-être que les tissus animaux diffèrent des tissus végétaux, en ce que ceux-là possèdent toujours l'ammoniaque parmi leurs bases inorganiques.

1398. Quoi qu'il en soit, l'histoire de l'alcyonelle m'a fourni une observation qui vient encore à l'appui de ce que j'ai dit ailleurs sur le rôle que jouent les racines par rapport à la nutrition du végétal. J'ai toujours rencontré ce polypier empâté exclusivement sur des pierres siliceuses (*meulières* ou *caillasses*), qui, comme on le sait, sont toujours abondamment colorées par le fer. Le tissu du tube de l'alcyonelle, qui au sortir de l'œuf est incolore, d'un beau blanc et gélatineux, ne se colore donc en rouge et ne devient solide et cassant, qu'en aspirant, par son empâtement radiculaire, le fer de la silice qui lui sert de point d'appui.

1399. Je dois prévenir, quant à la silice que la chimie en grand serait exposée à trouver dans cette substance, qu'elle appartiendrait exclusivement aux grains de sable qui s'attachent à son tissu, et restent emprisonnés dans le tube, avec une opiniâtreté telle qu'on ne peut les isoler qu'un à un et à la loupe.

1400. L'albumine, chez les animaux en général (288), et la gomme, chez les végétaux (650), se combinent donc avec des bases, pour se transformer en tissu; et il est possible que le rôle que jouent les tissus, dans l'élaboration des sucs nécessaires au développement du végétal ou de l'animal, se modifie uniquement d'après la nature des bases avec lesquelles ils se combinent. C'est à l'étude analytique de ces combinaisons organiques que la nouvelle méthode doit surtout s'attacher.

1401. Il est possible et même vraisemblable que certaines substances *organisatrices* dites *immédiates* ne diffèrent véritablement entre elles que par l'absence ou la présence de ces bases[1], que le sucre (750) ne soit que la matière orga-

(1) Je dis bases; tout me porte à croire en effet que les tissus ne sont jamais

nique non combinée et réduite à elle-même, que la gomme ne soit que du sucre combiné ou mélangé avec un certain nombre de sels ou de bases, qui, par une association plus intime, doivent la transformer en ligneux.

1402. Il est encore probable que tant d'autres substances acides ou neutres, cristallisables ou non, qui à l'analyse ne diffèrent pas entre elles sous le rapport de leurs élémens organiques, ne doivent leurs différences physiques et chimiques qu'à la présence et à l'absence de certaines combinaisons salines (717).

1403. Le même raisonnement doit s'appliquer aux huiles et résines, que nous avons vues ne différer des substances organisatrices végétales que par l'absence d'une certaine quantité d'oxigène, qu'elles ne tardent pas à absorber quand on les laisse en contact avec l'air atmosphérique. La preuve que ces substances, en absorbant de l'oxigène, sont susceptibles de se combiner avec des sels, m'a été fournie par l'expérience suivante :

1404. J'avais laissé exposée au contact de l'air, pendant plusieurs mois, une couche d'huile d'olive épaisse d'un centimètre environ, au-dessus de l'eau dans laquelle j'avais déposé du soufre en fleur, du fer et des sels ammoniacaux tels que des hydrochlorates, ainsi que du phosphate de chaux. Le fer et le soufre ne manquèrent pas de se combiner en sulfure noir; l'huile commença peu à peu à se dessécher, et finit, au bout de six mois, par former une membrane plissée et comme ridée, jaune supérieurement et jaune rougeâtre en dessous, élastique comme du caoutchouc, ne tachant plus le papier, neutre aux papiers réactifs. Or, dès ce moment, cette substance était devenue insoluble dans l'alcool, l'éther et les huiles, même à l'aide de la chaleur; l'eau

combinés avec des sels, et que, dans ces combinaisons organiques, ils jouent le rôle d'un acide, et saturent les bases. Si la chaux se trouvait à l'état de carbonate dans le tissu ligneux, l'acide sulfurique (661) concentré, qui l'isole de la gomme, s'en emparerait avec effervescence; ce qui n'a pas lieu.

ne lui enlevait rien de soluble. Cependant, en la désorganisant par les acides, ou par la potasse, ou par l'incinération, on y retrouvait en abondance les sels que j'avais déposés, ou qui s'étaient combinés dans l'eau qu'elle avait si long-temps surnagée. Le prussiate ferruré de potasse aiguisé d'un acide y dénotait la présence du fer, mais seulement après plusieurs jours de contact (936). Cette huile, qui pourtant exhalait encore son odeur caractéristique (1058), s'était donc transformée en tissu, en s'assimilant de l'oxigène d'un côté et des bases ou des sels de l'autre.

1405. En conséquence l'étude raisonnée des cendres et des sels avant l'incinération de la substance, *caput mortuum* si dédaigné et si rebuté par l'ancienne chimie, me paraît destinée à donner le mot de tant d'énigmes et de tant d'anomalies que présente à l'observateur le règne de l'organisation.

TROISIÈME DIVISION.

COMBINAISONS SALINES DISSOUTES DANS LES LIQUIDES DES TISSUS ORGANISÉS.

1406. Les produits de l'incinération ne proviennent pas uniquement des sels incrustés sur la surface externe des tissus (1343), ou des bases combinées en tissus avec les substances organisatrices (1387) ; les liquides qui circulent dans les vaisseaux et ceux que renferment les cellules tiennent en solution un assez grand nombre de sels, qu'il importe d'étudier et d'analyser au microscope ; car l'analyse en grand est capable de les altérer ou de les faire disparaître entièrement.

1407. Or l'étude des sels au microscope était tout aussi inabordable, quand nous avons entrepris de nous livrer à ces sortes de recherches que du temps de Leeuwenhoeck et de Ledermuller. Celui-ci avait eu pourtant une espèce de pressentiment du parti que la chimie serait un jour dans le cas

de tirer de cette étude; car ayant dessiné un certain nombre de cristallisations de sels dont il connaissait d'avance[1] la nature, et ayant ensuite évaporé du sérum de sang (925)[2] sur une lame de verre, il signala l'analogie qui existe entre les arborisations qu'on y remarque avec celles du sel ammoniac (hydrochlorate d'ammoniaque.) Mais cette analogie peut devenir illusoire, quand on n'invoque, pour la constater, que la ressemblance des formes et non pas celle des réactions.

1408. Les sels que les sucs végétaux et animaux tiennent en solution se composent de phosphates, carbonates, oxalates, malates, tartrates et sulfates de chaux, de fer, de manganèse, de magnésie, d'alumine, qui s'y dissolvent à l'aide de l'acidité du suc; d'hydrochlorates, acétates, carbonates, silicates, nitrates, sulfates, phosphates, iodates et hydriodates, cyanites et peut-être hydrocyanates de potasse, de soude, d'ammoniaque, de chaux, d'alumine, de magnésie, de fer, de manganèse, etc. La potasse, la soude et la chaux sont les bases les plus abondantes.

1409. L'incinération décompose ou fait entièrement disparaître quelques-uns de ces sels, par exemple, quelques hydrochlorates, les nitrates, les carbonates, les acétates et tous les sels à acides végétaux, enfin les sels ammoniacaux.

1410. L'étude microscopique des sels doit donc se faire sur les sucs eux-mêmes, avant toute action de la chaleur. On y procède au microscope de deux manières qu'il faut toujours faire marcher de front et comme contre-épreuves l'une de l'autre; par précipitation et par évaporation. Par évaporation, on obtient des cristallisations qui permettent de déterminer les formes appréciables au goniomètre microscopique, et de faire agir les réactifs en connaissance de cause. Les paragraphes suivans fourniront des exemples saillans des avantages de cette méthode d'investigations chimiques.

(1) *Amusemens microscopiques*, in fol.

(2) *Ibid.*, pl. 87.

§ 1. Carbonate de chaux.

1411. Si on peut en obtenir un seul cristal cristallisé, on le couvre d'une lame d'eau dans laquelle on le laisse séjourner; il y reste insoluble. On mêle une faible quantité d'un acide quelconque, même végétal; il se produit une effervescence que l'on reconnaît au dégagement des bulles de gaz (pl. 6, fig. 12 *a'*). Quand le cristal a disparu en entier, on verse avec un petit tube de verre une goutte d'oxalate d'ammoniaque sur le liquide, et l'on voit se former sous ses yeux des myriades de petits points opaques. L'acide sulfurique produit un effet plus caractéristique, en déterminant la formation d'un grand nombre d'aiguilles quelquefois rayonnées, qui restent insolubles dans un excès d'acide, et qui sont entièrement analogues à celles du phosphate de chaux (1358). On peut encore, pour reconnaître la nature de la base, employer l'acide tartrique qui précipite la chaux en magnifiques cristaux que nous avons figurés (pl. 6, fig. 6) (805); ils diffèrent entièrement de ceux que l'acide tartrique détermine dans la potasse et dont nous parlerons plus bas.

§ 2. Carbonate de potasse.

1412. Le liquide fait effervescence par un acide végétal; par évaporation il ne cristallise pas, et le résidu reste déliquescent; le muriate de platine y détermine des cristallisations jaune d'or et informes. L'acide tartrique le précipite subitement en cristaux déterminables et avec une vive effervescence.

§ 3. Carbonate de soude.

1413. Cristallise en arborisations que l'on voit pl. 11, fig. 5 AA; l'acide hydrochlorique très étendu les fait disparaître, pour les métamorphoser par évaporation spontanée en cristaux de sel marin.

§ 4. Hydrochlorate de soude, chlorure de soude, sel marin.

1414. Les cristaux sont cubiques, mais déprimés sur deux

faces opposées, par des espèces d'escaliers qui représentent l'empreinte d'une pyramide à base carrée (pl. 6 fig. 12 *a*) placée de champ sous les yeux de l'observateur. Par le jeu de la lumière au microscope, ces pyramides en creux semblent des pyramides en relief[1]. C'est le sel le plus reconnaissable au microscope et celui qui cristallise le plus facilement. Les acides faibles les dissolvent sans effervescence, ainsi que l'acide hydrochlorique et l'acide nitrique très concentrés; mais l'acide sulfurique concentré y produit une effervescence des plus vives, en s'emparant de la soude aux dépens de l'acide hydrochlorique qui se dégage sous forme de bulles (pl. 6, fig. 12 *a*).

§ 5. Hydrochlorate de potasse (pl. 6, fig. 12 *b*).

1415. Cristallise, par évaporation spontanée, en carrés, en parallélogrammes, en paillettes hexagonales, dont on reconnaît la base au moyen du muriate de platine (1412), et l'acide par la réaction des acides faibles et concentrés, comme ci-dessus (1414).

§ 6. Hydrochlorate d'ammoniaque (pl. 6, fig. 12 *d d' d'*).

1416. Arborisations dont la figure ne peut qu'imparfaitement représenter l'élégance et les effets. Lorsque le liquide est saturé de substances organisatrices, ces arborisations sont contournées et irrégulières (*d' d'*). On reconnaît la nature de l'acide de ce sel par l'emploi des autres acides étendus et concentrés (1414), et la nature de la base, au moyen de la potasse qui y produit une effervescence, en éliminant l'ammoniaque gazeux, ou mieux en soumettant la lame de verre du porte-objet à l'action de la chaleur, qui fait évaporer toutes ces jolies bigarrures. On trouve ce sel, absolu-

(1) Pour se convaincre que ces pyramides sont en creux et non en relief, il suffit de se rendre raison des effets du miroir réflecteur au microscope. Quand un cristal est terminé par une pyramide saillante et placée de champ sous les yeux de l'observateur, la face la plus éclairée est celle qui est opposée à la surface du miroir; or, ici c'est tout le contraire. Pour déterminer la face qui est opposée à celle du miroir, il faut tenir compte du renversement des images au microscope.

ment négligé par les analystes (440), dans presque tous les liquides animaux, dans le sérum du sang et du lait, dans le pus, les urines, et dans la salive de l'homme à jeun.

§ 7. Nitrate d'ammoniaque.

1417. C'est le sel ammoniacal dont la cristallisation s'éloigne le plus du type général de ces combinaisons à base volatile. Ce sont des rubans anastomosés entre eux et dont la superficie est quelquefois doublement concave (pl. 12, fig. 12); l'acide sulfurique concentré en dégage l'acide nitrique comme il dégage l'acide hydrochlorique.

§ 8. Autres sels ammoniacaux.

1418. Ils se rapprochent par leurs ramifications de l'hydrochlorate d'ammoniaque. A l'état de pureté on pourrait peut-être parvenir à les distinguer à l'ouverture des angles de leurs arborisations; mais comme les mélanges organiques en dévient considérablement les rameaux de leur direction primitive, il faut désespérer de pouvoir invoquer ce caractère seul dans les observations microscopiques.

§ 9. Tartrate de potasse (pl. 6, fig. 13 et 14).

1419. Lorsqu'on précipite le carbonate de potasse par de l'acide tartrique en excès, on obtient subitement une quantité proportionnelle de cristaux tourmentés, comme les offre les fig. 9 et 10 de la pl. 6; il m'est arrivé une seule fois d'en obtenir, en grande abondance, avec les formes de la fig. 14, que je n'ai pu reproduire depuis.

1420. Si on dissout les cristaux de tartrate acide de potasse dans l'acide acétique pur, on obtient, par évaporation spontanée, des cristallisations qui, formées avec plus de lenteur, sont beaucoup plus régulières que les premières. La fig. 13 de la pl. 6 les représente. La moyenne de quatorze observations faites sur différens cristaux, à l'aide de mon goniomètre microscopique, m'a donné l'angle *g a b* = 133° 18'. Le supplément de 133° 18' étant 46° 42', il

s'ensuit que la moitié de l'angle *a b c* étant égal au supplément de l'angle *g a b*, l'angle total *a b c* doit être de 93° 24'. Or, j'ai trouvé cet angle par l'observation directe, me donnant 93°. Quand une face (*fe*) avait envahi toutes les autres, j'ai trouvé, par l'observation directe, l'angle *e f h* = 47; s'il arrive maintenant que la face opposée de l'autre bout envahisse toutes les autres à son tour, on aura un lozange *e f g h*, dont les angles obtus seront de 133° 18', et les angles aigus de 46° 42'; or, l'observation directe m'a souvent donné 130° 30' pour les uns et 49° 30' pour les autres, sur des cristaux un peu déliquescens; s'il arrivait ensuite que les deux faces du même côté des deux bouts du cristal envahissent toutes les autres, on aurait le triangle *f e d* dont l'angle *f e d* serait de 86° 36'. En supposant maintenant que deux de ces triangles égaux s'accolent par leur base (*fd*), on aura un rhombe de 86° 36' sur 93° 24'; on en voit un figuré (*a a*), et l'observation directe m'a souvent donné 85 sur 93. D'autres fois, le même rhombe m'a donné 106 sur 107, de même que l'angle *a b c*, ce que fournit à peu près le calcul, en joignant ensemble la moitié de l'angle *g a b* = 133° 18' avec l'angle aigu *e f h* = 46. Les cristaux *b c*, étant cristallisés en polyèdres et non en lames, offrent plus de difficultés à l'observation que les précédens; mais on peut cependant toujours s'assurer qu'ils dérivent des mêmes formes, en ayant soin de compléter les observations directes par les inductions du calcul.

§ 10. Tartrate de potasse dissous dans l'acide acétique albumineux (acide lactique 862).

1421. Le suc de *Chara* m'avait présenté, au milieu de cristallisations dont j'avais pu déterminer la nature, des cristaux elliptiques (pl. 6, fig. 12 *c*) dont j'ai cherché longtemps vainement l'analogie. Enfin je les retrouvai dans le suc du grain de raisin, dans le vinaigre ordinaire et dans les vins du nord évaporés spontanément sur une lame de

verre (pl. 6, fig. 11, *a b c*). Les acides minéraux ou végétaux, concentrés ou non, les dissolvent sans la moindre effervescence. Le muriate de platine me parut les attaquer plus vite que le chlorure de sodium. Ils sont déliquescens, et par conséquent fortement ombrés sur les bords. Mes soupçons tombèrent donc sur le tartrate de potasse, qui abonde, comme on le sait, dans le vin. Mais le tartrate de potasse cristallise avec des formes toutes différentes (1419); il était permis de préjuger que cette différence pourrait bien ne tenir qu'à l'influence d'un mélange; il était donc rationnel d'essayer, sur le tartrate de potasse ordinaire, l'action de toutes les substances que l'analyse indique dans les vins. Par l'acide acétique seul le tartrate cristallise avec des angles réguliers (1420); en y ajoutant de la gomme, l'ouverture des angles n'en est pas altérée; avec l'alcool non plus. Mais un mélange d'albumine et d'acide acétique, dans lequel j'avais laissé dissoudre du tartrate de potasse ordinaire, me donna, par évaporation spontanée, toutes les formes des cristaux du vin (pl. 6, fig. 11 *a b c*) avec leur déliquescence, leur dépression, leurs pointes quelquefois effilées, enfin avec la forme en flèche (*a*). Les cristaux elliptiques que l'on trouve dans le vinaigre et dans le suc de *chara* sont donc des tartrates de potasse, dissous dans une combinaison d'acide acétique et d'albumine, que nous avons dit avoir été pris pour un acide spécial, *acide lactique* (862)[1].

1422. Les tartrates signalés par Berzélius dans le sang et bien d'autres liquides animaux ne sont que des acétates al-

(1) Leeuwenhoeck a vu et figuré dans le vinaigre ces cristaux elliptiques (*Arcana naturæ*, tom. 1er, pag. 1); et aussitôt il soupçonna que l'acidité qui, d'après certains auteurs, provenait de la piqûre des aiguilles (*vibrions*) du vinaigre, devait au contraire être attribuée à l'introduction de la pointe de ces cristaux sagittés dans les papilles de l'organe du goût. Ce qui le confirma encore davantage dans cette idée, c'est que plus le vinaigre était fort à la langue, et plus ces cristaux elliptiques lui paraissaient acérés. Dans le vin généreux, au contraire, ces cristaux sont obtus, arrondis ou tronqués par les deux bouts. Enfin il profita de cette occasion pour réfuter ceux qui prétendent que le vin engendre la

bumineux, et non des tartrates dissous dans l'acide acétique albumineux (874).

§ 11. Considérations générales.

1423. Les essais qui précèdent sont, je le pense, de nature à faire naître l'espoir, qu'un jour il sera plus facile de faire, en moins de temps, une analyse complète d'une goutte de suc, qu'il ne l'est aujourd'hui d'obtenir quelques résultats fort incomplets de l'analyse de plusieurs litres.

1424. Mais, pour atteindre ce but, il est nécessaire de se livrer à l'étude des sels, d'après la nouvelle méthode, d'étudier au microscope leur cristallisation, leurs analogies et leurs réactions, et surtout les caractères illusoires que sont capables de leur prêter certains mélanges dont les élémens se rencontrent plus ordinairement dans le règne de l'organisation. Or une pareille étude ne demande que l'union de la patience qui poursuit et de la perspicacité qui compare. C'est là l'unique génie des sciences.

1425. Ce serait bien mal comprendre ma pensée que de vouloir pour cela proscrire les essais et les expériences en grand. Quand je dis qu'il faut interroger tous les instrumens d'analyse et comparer tous les résultats, il y aurait inconséquence d'en proscrire un en particulier : la chimie en grand peut servir à indiquer la présence d'un sel dans un suc ; mais c'est à la chimie en petit à découvrir l'organe qui s'en revêt ou se l'assimile.

goutte; car ayant observé les calculs de la goutte, il n'y rencontra aucun des cristaux du vin.

On voit que c'était alors le beau siècle de l'imagination; comme il était permis de rêver à son aise et sans contradicteur! On regardait au microscope, et l'on discourait; cela se nommait observer. On n'allait pas même jusqu'à recourir à des preuves, et l'auteur ne conçut pas alors l'idée d'observer du vinaigre distillé, où il n'aurait plus aperçu la moindre trace de cristaux; or pourtant l'acidité du vinaigre aurait augmenté par la distillation. Ledermuller (*Amus. microscopiq.*, pl. 43) ne paraît pas avoir eu connaissance du travail de Leeuwenhoeck, et il n'a figuré dans le vin que les losanges et non les ellipses.

QUATRIÈME DIVISION.

INCINÉRATION ET CARBONISATION.

1426. Si l'analyse d'un suc par les procédés en grand est un véritable chaos, l'incinération d'un être organisé est quelque chose de pire dans sa spécialité ; car outre la confusion, il y a ici altération, et les sels qu'on obtient sont loin de représenter les sels qui existaient dans les organes vivans de l'individu qu'on analyse. Les sels à base terreuse et à acide végétal se transforment en carbonates et en oxides ; les hydrochlorates et nitrates d'ammoniaque disparaissent, ainsi que les sels ammoniacaux à acide végétal ; des doubles décompositions s'opèrent ; enfin la quantité des sels et des bases fixes est sensiblement diminuée et emportée, avec la fumée, par la force mécanique de la vapeur d'eau et par celle des autres gaz qui se dégagent. Aussi retrouve-t-on dans la suie un certain nombre des sels fixes de la plante. Ajoutez à cela que, quoi qu'on fasse, il reste toujours dans la cendre une assez grande quantité de charbon qui n'a pu être brûlé par l'oxigène, et qui soustrait à l'analyse une partie des sels avec lesquels il reste combiné.

1427. Saussure et Berthier se sont occupés, chacun de leur côté, de l'incinération d'un certain nombre de plantes ; leurs résultats se rapprochent sans s'accorder pourtant dans tous les points ; les différences qu'on y remarque étant inhérentes à la nature des procédés d'analyse qu'on emploie. Ce qui s'en déduit avec plus de certitude, c'est que l'écorce fournit plus de cendres que l'aubier, celui-ci que le bois ; que les cendres des plantes herbacées et des feuilles se composent en majeure partie de sels alcalins à base de potasse et de soude, et ensuite de phosphates terreux ; que les écorces au contraire contiennent en majeure partie du carbonate de chaux, fort peu de sels alcalins à base de potasse ou de soude, et encore moins de phosphates terreux ; enfin

que la paille de froment ne fournit presque par l'incinération que des silicates de potasse et de chaux, tandis que la graine ne donne presque que du phosphate de chaux et de magnésie. Les sels ammoniacaux que l'analyse a tant négligés et qui, d'après nous, sont la base des tissus azotés (269), ont été éliminés par l'incinération.

1428. L'écorce n'est si abondante en carbonate de chaux que parce qu'elle ne renferme plus que des tissus desséchés, qui, d'après nous, se composent de carbone, d'eau et de bases; tandis que les tissus herbacés renferment les sucs séveux et les matières organiques, surtout la matière verte que nous avons appelée un *caméléon végétal* (1218), et qui est une combinaison de fer ou de manganèse et de potasse.

1429. On retire en grand la potasse brute, en faisant évaporer les lessives des cendres de bois, qu'on pourrait remplacer, selon des auteurs modernes, par les cendres des fougères, des tiges et racines de tabac et des pommes de terre : on achève de les brûler et de les débarrasser du charbon qui les salit, en les calcinant dans des fours particuliers ; la potasse prend alors le nom de *potasse calcinée.*

1430. La *soude* se retire des cendres de *salsola* et de *salicornia*, sur les côtes méridionales de France, d'Espagne et de Portugal, et des *varecs* ou *fucus* (120[1]) en Hollande et sur les côtes septentrionales de la France. La première se nomme *soude barille*, et la seconde *soude varec.*

1431. On retire le phosphore des os, qui sont composés de 76, 5 de phosphate de chaux et de 20 de carbonate de la même base. On calcine au blanc et on pulvérise la masse; on en fait une bouillie avec de l'eau, on y verse les $\frac{3}{4}$ d'acide sulfurique; on lave à l'eau bouillante, on filtre; on mélange la masse sirupeuse obtenue par évaporation avec $\frac{1}{5}$ de charbon que l'on calcine jusqu'au rouge dans une bassine en fonte, et l'on distille dans une cornue en grès bien lutée, et que l'on surveille avec le plus grand soin, pour luter toutes les fissures nouvelles.

1432. Le charbon n'est que le résidu de l'élimination des parties aqueuses des tissus, ainsi que des substances volatiles qu'ils renferment. Mais comme le carbone s'évaporerait en acide carbonique, en se combinant avec l'oxigène de l'air, il s'ensuit qu'on obtient d'autant plus de charbon que l'on soustrait le mieux la masse à l'action de l'air atmosphérique, tout en la soumettant à l'action de la chaleur. Toute la théorie de la carbonisation et des procédés du charbonnier est basée sur ce principe, et c'est dans ce but qu'il construit des tas coniques et serrés de bûches, qu'il a soin de recouvrir de terre, et dans l'intérieur desquels il ne ménage qu'un canal étroit, pour alimenter le feu et donner issue à la fumée [1].

1433. Quand on désire se rendre compte de tous les phénomènes dont cette dernière partie de l'ouvrage a été l'objet, on rencontre une difficulté à laquelle les auteurs classiques ont vainement tâché de répondre. La potasse et la soude abondent, comme nous l'avons vu (1427) dans les tissus jeunes et herbacés; et pourtant des arbres croissent et deviennent gigantesques dans des terrains où la potasse se trouve en quantité minime, et même dans les fentes de roches calcaires qui n'en offrent pas la moindre trace. Où donc ces arbres ont-ils puisé leur alcali? La potasse ne se-

(1) Lorsqu'on cherche à incinérer certaines substances dites animales, on éprouve une certaine difficulté qui résulte d'un phénomène entièrement mécanique. L'acide phosphorique provenant soit de la décomposition des phosphates par le charbon (1431), soit de la décomposition des phosphates ammoniacaux par l'action de la chaleur (1426), soit même de l'oxigénation du phosphore qui peut se trouver à l'état libre dans les tissus vivans; cet acide phosphorique recouvre le charbon, le protége ainsi contre l'action de l'oxigène, en sorte que la masse spongieuse carbonisée se conserverait indéfiniment sous cette forme, si on n'avait soin d'enlever l'acide phosphorique par des lavages, à mesure qu'il s'en forme de nouveau. On pourrait parvenir au même résultat en triturant à plusieurs reprises. Lorsqu'on n'a qu'une faible quantité de substances à examiner, il faut prendre garde que le courant d'air atmosphérique ou de gaz oxigène n'en entraîne violemment des quantités considérables; il vaut mieux exposer tour à tour la masse au feu et à l'air, jusqu'à incinération complète.

rait-elle pas un produit de la végétation, produit aussi indécomposable par nos moyens actuels d'analyse que le charbon est infusible, et que le carbone cristallisé ou le diamant est impossible à obtenir artificiellement? Ne peut-il pas arriver que des principes gazeux se rencontrent dans un état tel d'association, que le résultat de leur combinaison soit inaltérable par nos procédés? C'est ce que la chimie actuelle est hors d'état de démontrer ou de réfuter. Cependant l'opinion classique est celle qui nous paraît la moins rationnelle.

1434. Les sels ne sont pas décomposés uniquement par l'action de la chaleur; les substances organiques paraissent produire des résultats analogues sous l'influence d'une lente désorganisation.

1435. Nous avons déjà vu un exemple de ces sortes de décompositions par l'action de l'albumine sur le sel marin; il est certain que dans la nature elles ont lieu sur une vaste échelle; c'est encore pour la nouvelle méthode un grand objet d'investigations. C'est par-là que nous pouvons espérer de parvenir à analyser avec précision les phénomènes compliqués, qui se passent dans le laboratoire de la digestion et des excrétions, dans les fonctions des racines des plantes, dans la décomposition spontanée des débris organisés. La marche à suivre dans ces recherches ne doit consister qu'à observer les produits de mélanges faits de toutes pièces, deux à deux, trois à trois et ainsi de suite.

1436. Vogel a eu l'occasion de remarquer que la glycyrhizine (*suc de réglissè* 743) décompose le sulfate de soude et celui de chaux en hydrogène sulfuré; décomposition qui est très intense au bout de la deuxième année.

RÉSUMÉ PHYSIOLOGIQUE

DES PRINCIPES EXPOSÉS DANS CET OUVRAGE.

1437. Ce serait nous montrer peu conséquens avec nous-mêmes que de terminer cet ouvrage sans, en coordonner au moins succinctement les résultats ; la chimie et la dissection microscopique nous ont mis à même d'étudier, pour ainsi dire, pièce à pièce, le squelette des corps organisés ; c'est à la physiologie à ramasser ces membres épars, à les grouper d'après leurs rapports immédiats, et à leur restituer le mouvement et la vie.

1438. Tel est le but de ce résumé, dont la succincte rédaction n'en est pas moins le fruit de méditations nombreuses et d'une longue série d'observations.

1439. Une molécule de carbone et une molécule d'eau s'associent, pour former la molécule organique sous forme sphérique ; la molécule organique, en se combinant avec une base, forme les parois des tissus ligneux si la base est fixe, et glutineux ou albumineux si la base est ammoniacale.

1440. La matrice de tout développement de tissu est une cellule imperforée à nos moyens d'observation, mais dont les parois sont susceptibles d'aspirer les sucs, et de faire une espèce de triage des matériaux qu'elles doivent élaborer dans leur sein.

1441. Toute cellule, pour élaborer les matériaux qu'elle recèle, au profit de son développement, a besoin de recevoir une impulsion vitale, c'est-à-dire une fécondation spéciale à sa nature. Chaque cellule reproduit alors son type, comme la cellule de l'embryon reproduit le type général qui s'était

résumé en elle, et qui, pour se développer, n'attendait plus que l'impulsion vitale de ce que nous nommons l'organe mâle.

1442. L'effet immédiat de cette impulsion vitale et fécondatrice est de déterminer, sur la paroi interne de la cellule fécondée, la formation d'un centre, d'un foyer d'action, qui devient alors à son tour l'agent fécondateur de toutes les cellules du nouvel être. La nervure, dans le végétal, et le système cérébro-spinal, chez les animaux, sont cet agent central du développement; c'est de là que part l'organisation à droite et à gauche; en sorte que tout organe, que tout être organisé est symétrique par ses accessoires et non symétrique par l'agent qui le féconde; et que les distinctions admises sous ce rapport, dans nos classifications, ne sont fondées que sur des développemens plus ou moins inégaux d'appendices extérieurs, et non sur une différence essentielle dans l'organisation.

1443. Sous l'influence fécondatrice de l'agent central du développement, des appendices naissent et se développent, des cellules s'incrustent de sels calcaires, d'autres acquièrent la faculté de se dilater et de se contracter; des canaux se forment par le dédoublement d'une partie des parois des cellules secondaires, tertiaires, etc., pour laisser circuler, autour de ces organes, les sucs destinés à leur élaboration. Mais la formation des os, et le développement dans un sens plutôt que dans un autre des muscles ou de tout autre organe, ne sont que des accidens du type général de l'organisation; aussi les controverses qui n'ont eu d'autre but que de retrouver, dans un animal, la forme ou le nombre des os et muscles d'un autre, ont pu être débattues de part et d'autre avec un égal succès. La nature a formulé les animaux et les végétaux sur un même type essentiel; mais en développant ici une cellule, qui plus bas prenait un développement différent ou restait stationnaire, elle a produit toutes ces formes variées qui effraient la mémoire la mieux organisée.

1444. J'ai déjà exposé la théorie du développement que j'ai surnommé *vésiculaire* de l'embryon humain (626), du tronc, des racines et de la feuille des végétaux (168). Cette théorie est applicable à tous les êtres organisés ; ce qui m'a fait dire dès le principe de cette découverte[1] : « Donnez-moi une vésicule dans le sein de laquelle puissent s'élaborer et s'infiltrer à mon gré d'autres vésicules, et je vous rendrai le monde organisé ».

1445. Il me reste à exposer ici comment la fleur et le fruit ne font que dériver du tronc et de la feuille, et comment le type de ces quarante mille fleurs inscrites sur les catalogues peut être ramené à deux ou trois élémens[2]. Le calice est une feuille, dans le sein de laquelle le bourgeon terminal, qui devait continuer la tige, s'est développé en organe floral. La forme du calice varie comme celle des feuilles, mais on y remarque toujours une nervure centrale qui alterne avec la nervure centrale de la feuille immédiatement inférieure à lui. Ce calice, dans le principe, était clos et imperforé, et sa sommité portait des organes rudimentaires, dont la forme rappelle celle des stigmates de l'organe femelle et qui semblent destinés à exercer les mêmes fonctions. Dans ce cas le calice jouait le rôle d'ovaire, et recevait la fécondation de la feuille inférieure, qui, à l'âge adulte, joue celui d'anthères (400).

1446. Dans l'ordre alterne avec le calice, se trouve la corolle dont la nervure médiane se trouve à l'opposé et face à face de la nervure médiane du calice. La corolle est, à son tour, dans le principe, aussi imperforée que le calice, et présente la même conformation. Les anthères forment un appareil qui tantôt est alterne avec la corolle, et représente alors comme elle une feuille décomposée, et tantôt n'est

(1) Séance de l'Académie des Sciences, 23 avril 1827.

(2) Voy. *Annal. des Sc. d'obs.*, tom. IV, pag. 280, 1830, au sujet de l'adoption complète de cette théorie par les botanistes qui l'avaient repoussée avec le plus d'obstination.

qu'une émanation de la corolle elle-même. Au-dessus se remarque l'ovaire qui n'est que le tronc, l'entre-nœud en miniature, dont une ou plusieurs grandes cellules (*a* fig. 2, pl. 3) ont produit chacune un ovule, par le développement d'une cellule de leurs parois, au lieu de produire un nouveau tissu cellulaire qui leur adhère intimement. Les stigmates, qui le surmontent, ne sont que des feuilles rudimentaires, dont la médiane alterne avec la nervure médiane de l'appareil immédiatement inférieur.

1447. Dans les crucifères on découvre le même ordre d'alternation, malgré le nombre pair des sépales et des pétales de sa fleur, et l'on remarque que l'un de ces sépales ou pétales représente à lui seul une feuille, tandis que la feuille suivante est représentée par trois divisions, dont la médiane alterne avec le sépale inférieur et avec le pétale supérieur. Les étamines, en comptant les étamines restées sous forme de glandes, forment deux appareils distincts dont l'un a cinq divisions et l'autre trois.

1448. Les fleurs des synanthérées ne sont que des agglomérations de fleurs nées chacune dans l'aisselle d'une feuille pétaloïde, et qui se pressent en spirales serrées, comme les feuilles herbacées sont rangées en spirales autour de la tige; mais ici la corolle est la feuille qui surmonte le tronc ovaire, et elle donne naissance aux étamines; les pistils émanent d'une feuille supérieure.

1449. Cet exposé suffit à toutes les applications que dans un autre ouvrage nous ferons plus en détail.

1450. La surface d'une portion du canal intestinal joue, chez les animaux, le rôle des suçoirs radiculaires chez les végétaux (813); elle est destinée à aspirer les sels nécessaires à l'organisation des tissus (1389). Une autre surface, tapissée d'une atmosphère d'eau liquide ou en vapeurs, branchies (581) et poumons (600), est chargée d'aspirer le gaz destiné à modifier la nature de la substance organisatrice (818), à concourir ainsi à l'organisation. Les feuilles et autres organes herbacés des plantes remplissent les mêmes fonctions.

On pourrait donc concevoir des animaux dont les *suçoirs radiculaires*, si je puis employer cette expression, seraient disposés sur une partie externe de leur corps, c'est-à-dire chez qui le derme remplirait les fonctions de canal intestinal, en aspirant les sucs et les sels dissous dans le liquide ambiant; enfin dont la périphérie serait estomac, comme nous avons vu qu'elle devient branchie (590); et il est possible qu'un jour on découvre que les microscopiques les plus simples ne sont pas autrement organisés sous ce rapport que les hydres.

1451. La motilité et la sensibilité, qui caractérisent les animaux supérieurs, s'affaiblissent par des dégradations successives, en descendant l'échelle organique, de manière que, sur les limites du règne végétal et du règne animal, elles semblent disparaître et s'effacer entièrement, par cela seul qu'elles ne sont plus abordables à nos moyens d'observation. Cependant on les voit surgir çà et là dans le règne végétal même (*la sensitive, les étamines du berberis*, etc.)

1452. Les lois qui régissent l'organisation prennent le nom de besoins chez l'homme.

1453. Au nombre de ces besoins les plus impérieux, il faut ranger la vertu, qui n'est que la sociabilité libre de toute entrave. Le vice n'est qu'une anomalie provenant de l'altération ou de la vicieuse conformation d'un organe, ou bien que le résultat de la lutte pénible et continuelle de nos intérêts sociaux. La première espèce réclame des soins et de la pitié, la seconde appelle une réforme sociale complète.

1454. L'espoir d'une récompense ne fait pas plus naître la vertu que la crainte du châtiment ne conjure le vice.

1455. Nous sommes heureux d'avoir fait le bien, comme nous le sommes d'avoir procréé, d'avoir soustrait nos organes digestifs au feu dévorant de la faim et de la soif, et notre corps à l'engourdissement mortel du froid. Dans toutes ces circonstances, nous obéissons à une loi irrésistible; nous satisfaisons un besoin impérieux de notre organisation; nous rétablissons l'équilibre en nous-mêmes, ce qui s'appelle satisfaire un besoin.

1456. J'ai dit ailleurs par quel mécanisme nous pensions; je viens de dire par quel mobile nous agissions. Quant aux doctrines contraires fondées sur les dogmes religieux, je les respecte sans les partager. Si des illusions sont capables de rendre les hommes heureux, ce serait se montrer bien peu vertueux que de les repousser avec intolérance, par cela seul qu'on est heureux soi-même au moyen d'une réalité. Combattre des erreurs avec des passions, ce n'est pas chercher à convaincre. Plus de guerre aux intérêts matériels, encore moins aux intérêts immatériels; c'est la devise de la génération qui s'élève du sein du bourbier de la civilisation où nous vivons.

NOTES ADDITIONNELLES.

1°. Polarisation circulaire employée comme moyen de distinguer les espèces chimiques.

Biot a lu, dans les séances du 7 et du 14 janvier 1833 de l'Académie des sciences, sur cet ordre de phénomènes, un travail d'un grand intérêt, et dans lequel il a eu pour aide Persoz, préparateur au Collége de France[1]. Les résultats qu'ils ont obtenus sont incontestables; comment oserait-on révoquer en doute des expériences dirigées par un observateur aussi habile et aussi consciencieux que Biot, membre de l'Institut? Mais il n'en est pas de même à mes yeux de l'application qu'il en a faite à la détermination des espèces chimiques; c'est ce que je vais développer dans cette note.

Qu'il me soit permis, en commençant, de rendre hommage à l'impartialité avec laquelle l'auteur a rendu compte de mes travaux, dont il a pris soin de proclamer l'exactitude à tant de reprises. L'Institut n'avait pas été habitué à entendre

(1) *Nouvelles Annales du Muséum d'histoire naturelle*, tom. II. 1833.

prononcer mon nom d'une manière aussi bienveillante, et un pareil éloge succédant si brusquement à sept ans de tracasseries, a dû procurer plus d'une insomnie. Au reste, moi qui ne connais Biot que par ses ouvrages et ses découvertes, je n'étais pas plus préparé que mes *immortels* adversaires à cette surprise si pénible pour eux et si flatteuse pour moi.

Voici le résumé du travail de Biot :

Quand un rayon de lumière polarisée par sa réflection sur un miroir passe à travers un tube de verre plein d'un certain liquide, et qu'on le regarde à travers une plaque de tourmaline perpendiculaire au rayon, on trouve qu'il est dévié à droite ou à gauche de la position qu'il traversait, quand le tube était vide de liquide ; on dit alors que le liquide fait tourner soit à gauche soit à droite le plan de polarisation. La déviation soit à gauche soit à droite augmente avec la densité du liquide et l'épaisseur de son volume. Cette propriété reconnue d'abord dans le quartz par Biot et Arago, reçut de Biot le nom de *polarisation par rotation*, et de Fresnel celui de *polarisation circulaire*. Le nouveau travail de Biot est une application de cette loi à la détermination des espèces organiques.

Il en résulte que la substance soluble de la fécule isolée d'après les procédés indiqués dans notre travail (27), fait dévier le plan de polarisation *à droite* par le haut plus qu'aucune autre substance ; que le sucre de canne extrait soit de la canne, soit de la betterave, soit de la guimauve, etc. (719), produit la même déviation, mais à un degré moindre ; tandis que la gomme arabique (659) et le sucre de raisin (728), de quelque plante que ce soit, font tourner le plan de polarisation *à gauche*. D'où l'auteur conclut que la *substance soluble de la fécule* n'est pas une gomme, et il la nomme *dextrine*.

Je ne m'arrêterai pas à repousser cette création nominale, qui conviendrait à des genres différens de substances, et qui, d'un autre côté, nécessiterait, par antithèse, la substitution du mot de *sénestrine* à celui de *gomme* et de sucre de

raisin. Mais je rappellerai ici les principes que j'ai établis dans le cours de cet ouvrage, sur l'interprétation des réactions auxquelles donnent lieu les substances qu'on peut considérer comme des mélanges. La gomme arabique est un mélange de gomme, de sels calcaires et ammoniacaux, et de tissus plus ou moins rudimentaires; tandis que la substance soluble de la fécule est une gomme à son plus grand état de pureté. Or il est évident qu'une combinaison de sels, modifiant le pouvoir réfringent d'un liquide, peut par conséquent modifier les effets de la *polarisation circulaire*. Il y aurait donc plus que de l'arbitraire à attribuer les différences que présente la gomme arabique, par rapport à la fécule, au suc organique plutôt qu'aux sels dont il est saturé, et avec la plupart desquels il commence à se combiner. Il faut en dire autant du sucre de canne qui, d'après notre théorie, ne diffère du sucre de raisin que par des mélanges organiques ou inorganiques, que l'art n'est pas encore arrivé au point de dévoiler. Ainsi donc les différences dans les effets de polarisation se réduiraient à indiquer des différences que nous avons admises comme spécifiques, c'est-à-dire des combinaisons d'une substance commune avec des sels variables dans leurs proportions et dans leur nature; mais elles ne sauraient établir que *la substance soluble de la fécule* diffère essentiellement de la portion organisatrice de la *gomme arabique*.

Dans un second travail, Biot a examiné, par le même moyen d'investigation, les modifications que la *substance soluble de la fécule* et la *gomme arabique* subissaient, en se métamorphosant en sucre, sous l'influence des acides. Il a trouvé que le produit de 500 gr. de fécule de pomme de terre, traité par 120 gr. d'acide sulfurique du commerce et 1390 gr. d'eau distillée, dévie vers la droite le rayon polarisé, de 66°, 083, lorsqu'on a porté la chaleur à 90°; de 62,250 quand la chaleur a été portée à 95°; de 41, 389 quand elle a été portée à 100°; enfin de 25, 780 seulement,

quand on l'a soumise à l'ébullition pendant deux heures. La gomme arabique traitée et observée de la même manière, dévie d'abord les rayons polarisés à 12° vers la gauche, et les porte tout à coup à 25°, 3 vers la droite, quand la chaleur, à laquelle on la soumet, est arrivée à 96° du thermomètre ; car alors la gomme est changée en sucre de raisin. Le sucre de raisin lui-même qui, tant qu'il est à l'état liquide, dévie vers la gauche le plan du rayon polarisé, le détourne au contraire constamment vers la droite, une fois qu'il a été solidifié, nonobstant la liquidité qu'on peut lui rendre alors, en le redissolvant dans l'eau et dans l'alcool ; résultat curieux et qui doit diminuer l'importance de ce caractère comme caractère spécifique.

Biot semble dans son second travail avoir adopté, au moins en partie, notre manière de voir sur les distinctions spécifiques de gomme ; car il a recours, pour établir une différence plus solide, *à l'acide mucique* (1195), que fournit le sucre de la gomme arabique, et que ne produisent point ni la *substance soluble de la fécule*, ni le *sucre d'amidon*. Mais nous avons fait observer qu'il y aurait encore arbitraire à attribuer la formation de cet acide à la nature essentielle de la gomme arabique, et non aux mélanges qu'elle renferme, et dont la *substance soluble de la fécule* est privée (1215).

La nature, ai-je souvent dit dans mes mémoires, n'est belle que par sa simplicité ; toute science qui complique le mécanisme de ses lois et qui multiplie le nombre de ses produits, est loin de la traduire et de la représenter. Les découvertes les moins contestables sont celles qui ramènent le plus grand nombre de faits à la formule la plus simple. Au lieu donc de chercher à rendre la nature aussi savante que nos livres, rendons la science aussi simple qu'elle, et que cette idée soit toujours le guide de nos recherches, et le *criterium* de nos résultats.

2°. Sur un passage mal interprété de Leeuwenhoek relativement à la fécule (27).

La lecture de mon premier travail sur l'analyse des fécules en 1825 provoqua un déchaînement dont les fastes de la science parisienne offrent peu d'exemples. Les enfans des membres de l'Institut, pensant mal à propos que je venais leur disputer un fauteuil, alors que je ne cherchais que la publicité, ne furent pas tous étrangers à ces manœuvres, auxquelles *Vauquelin* et les *Annales de physique et de chimie* eurent la faiblesse de prêter un instant les mains. Un pharmacien de la capitale fut chargé de formuler l'attaque, et il y procéda en homme assez bien appuyé pour pouvoir se passer de preuves.

« D'abord tout ce que j'avançais était faux; mais pourtant dans le cas où par malheur il serait démontré que j'aurais dit vrai, un autre l'avait dit avant moi, et cet autre c'était le botaniste Villars, dans un savant travail inséré au *tome* 42, *p.* 103 *du Journal général de médecine.* »

Or, ce travail savant se réduit à une simple note dans laquelle Villars considère les molécules qu'on observe au microscope, sur les tranches de la pomme de terre, comme des cristallisations ou des concrétions inorganisées.

Un an après la publication de notre premier mémoire, un botaniste iconographe vint lire à l'Institut un travail, où se trouvait copiée presque textuellement toute la partie physiologique de notre publication tant réprouvée.

Desfontaines, qui ne se doutait pas du plagiat, lut un rapport très favorable sur ce mémoire; et comme je fis remarquer cette anomalie académique dans le *Bulletin des sciences naturelles*, l'auteur, cédant à un emportement très naturel, se présenta avec une liasse énorme de citations, desquelles il serait résulté, d'après lui, que j'avais tort de lui disputer la propriété de ces découvertes, puisque d'autres

les avaient faites avant nous, ce qui, en définitive, n'aurait reculé le plagiat que d'un cran. Mais les preuves parurent sans doute si évidentes à ses nombreux amis, qu'on l'invita unanimement à terminer toutes ces citations malencontreuses et à étouffer sa réclamation.

Il y a un certain dédommagement pour l'amour-propre, quand on peut attribuer à un mort la découverte d'un contemporain; le mérite des vivans nous chagrine, nous humilie et nous porte à l'injustice, ce qui fait par contre-coup que l'homme sage ne travaille que pour la postérité. L'homme est ainsi organisé; il faut le subir, tel qu'il est sorti des mains de la nature et de celles de notre mesquine civilisation.

Aussi, lorsqu'après sept ans de tracasseries, Biot est venu, à notre insu, rendre un hommage solennel à nos découvertes, il a fallu un passeport à ces éloges indépendans et une fiche de consolation à l'amour-propre académique. Un passage de Leeuwenhoek s'est trouvé là à point nommé; ce passage était formel, et il était évident que cent ans avant notre découverte, l'auteur hollandais avait émis une opinion analogue, qu'il aurait poussée aussi loin que nous-mêmes, si, à cette époque, il avait pu posséder des notions suffisantes de botanique et de chimie et un aussi bon microscope que nous [1]. Rien n'était plus évident que l'identité de l'opinion de Leeuwenhoek avec la nôtre : « Il avait vu que le grain d'amidon se composait d'une vésicule et d'une *substance soluble*(27) qui en était la partie nutritive, puisque, dans le canal intestinal des animaux, on ne rencontrait plus que des coques ou vésicules ; il avait démontré l'existence de cette organisation, en soumettant de la fécule à l'action de la chaleur dans l'eau ; il s'était convaincu qu'il sortait de cha-

(1) Cette dernière assertion m'a paru assez étrange, à moi qui ai toujours professé une si grande indifférence pour ce qu'on appelle un *riche microscope*, et qui, bien moins fortuné que Leeuwenhoek, n'ai pu faire cette découverte qu'avec une lentille de deux francs suspendue à une potence en cuivre.

que grain quelque chose de soluble également dans l'eau et dans l'alcool ».

Les journaux scientifiques ont répété tous textuellement cette citation ; et, sous le manteau de Leeuwenhoek, la découverte parait incontestable aux récalcitrans.

On n'ose pas me reprocher mon ignorance à l'égard du passage de Leeuwenhoek ; car, depuis cent ans, les chimistes s'étaient montrés aussi ignorans que moi, eux qui, même après les découvertes récentes, n'ont jamais cessé de considérer l'amidon comme une poudre cristallisée et comme un corps immédiat. Une découverte ensevelie cent ans dans un volume ! il faut avouer que j'aurais mauvaise grace à me plaindre, moi qui n'ai attendu que sept ans.

Mais les intéressés ne sont jamais crédules et confians ; je n'ai eu de cesse que je n'aie vérifié par moi-même le passage de Leeuwenhoek ; et, comme je l'avais prévu, la découverte de l'auteur hollandais n'existe que dans la complaisance, car je ne veux pas dire l'inhabileté, du traducteur.

1° D'abord Leeuwenhoek ne s'est pas occupé de ce que nous nommons, nous aujourd'hui, la fécule ; il a soumis, à l'observation microscopique[1], de la farine, et des fragmens de périsperme de céréales ; et il y a vu des globules qu'il a cherché à étudier. Mais la farine, ce qu'on n'avait pas encore eu l'occasion de remarquer du temps de Leeuwenhoek, se compose d'amidon, de gluten, d'huile, de résine, de sucre et de gomme ; or, qui vous a dit que les globules qu'a examinés l'auteur soient des globules d'amidon, plutôt que des corps glutineux, ou oléagineux, ou résineux, etc.? Cela vous paraît facile à établir, aujourd'hui que mes recherches vous ont mis à même de faire au microscope l'analyse de ces diverses substances ; mais si ces recherches n'existaient pas, vous seriez forcés de les entreprendre, pour connaître la nature chimique de ce qu'a vu Leeuwenhoek ; la chimie en grand serait

(1) *Epist. physiologicæ*, in-4. 1719, *Delphis*, ep. 26, p. 232.

inhabile et impuissante pour vous l'apprendre ; avouez donc que ce que nous savons des formes physiques de l'amidon, ce n'est pas Leeuwenhoek qui vous l'a appris. Leeuwenhoek désigne ces globules, sous le nom de *particulæ farinariæ, globuli farinarii, farinacea substantia,* ou bien *farinulæ* tout simplement. Or, il trouve cette farinule, non-seulement dans les céréales qui renferment de l'amidon, mais encore dans tous les organes qui peuvent se résoudre en globules et qui ne renferment rien de féculent : ainsi, dans les semences du néflier [1] (*quod semen nos lapides mespili nominamus*), dans celles des crucifères [2] (*Chærophylli observavi semen... ut farinacea substantia*), etc.

Leeuwenhoek ne nous a donc pas appris à reconnaître l'amidon.

2° Leeuwenhoek n'a point reconnu l'organisation et la composition du grain qu'il observait, et c'est par une série inexplicable d'hallucinations que le traducteur lui a prêté une opinion précise.

Dans une première lettre, l'auteur avait, disait-il, découvert [3] que chaque globule, qu'il apercevait sous le microscope, en examinant la farine de nèfle, était muni d'un vaisseau (*vasculo sive venâ*), par lequel la matière plastique venait passer, pour aller composer d'autres globules (*per quam protrusio ad plures partes conficiendas peragebatur*). Or, veut-on savoir ce que c'est que ce vaisseau? c'est tout simplement l'effet de clair-obscur que la réfraction et la diffraction des rayons lumineux produisent, sur les globules hyalins observés au microscope, en sorte que Leeuwenhoek aurait dû trouver ainsi trois ou quatre vaisseaux circulaires sur la bulle d'air plongée dans l'eau (voyez notre pl. 3, fig. 11 *f*). D'a-

(1) *Arcana Naturæ*, ep. 74, p. 331 et 332.—*Continuatio epistol.* Lugd. Bat. 1696, p. 13.

(2) *Ibid.*, p. 38, ligne première.

(3) *Arcana Naturæ*, ep. 74, p. 332. 1695, fig. 20 H.

près Leeuwenhoek, c'est par ces perforations vasculaires que les globules étaient enchaînés entre eux (*esse junctas*[1]).

Plus tard, Leeuwenhoek se demande[2] si les globules de farine ne seraient pas enveloppés, comme le sont toutes les semences, d'une membrane quelconque (*membranulâ quâdam sint obvoluti*). Mais, ajoute-t-il, je désespère de pouvoir jamais rendre ce fait accessible à mes yeux (*verùm hoc oculis meis unquam manifestandum esse non confido*); cependant plus bas il arrive à penser, par induction, que chaque globule était tout aussi bien revêtu d'une enveloppe (*cuticulâ*)[3] que le grain de froment lui-même; et, pour continuer l'analogie, il conclut que cette enveloppe revient s'enfoncer dans la substance, comme chez un grain de céréales (309), et que dans cet enfoncement longitudinal existe une solution de continuité, une *commissure* (*commissurâ quâdam conjungitur*), comme sur le grain de froment. Or, cette commissure, cette solution de continuité est un rêve sur le grain de froment et sur le grain de fécule. Chez le grain de froment c'est un enfoncement produit par la pression du rachis, et, sur le grain de fécule, le feu seul et à sec, est capable de produire la fente que Leeuwenhoek a figurée avec prodigalité sur les globules qu'il observait, figures 12, 13. Jusque là il n'y a qu'une induction fondée sur des illusions ; or une découverte ne se fonde pas sur des aperçus illusoires.

3° Mais Leeuwenhoek va plus loin, et il entreprend de soumettre au feu, sur une lame de verre, des globules de farine de froment nageant dans une goutte d'eau; et que découvre-t-il? il découvre que les globules s'aplatissent comme des gâteaux (*figuram adsciscunt planam et figuræ liborum assimilem*[4]). Il répète plusieurs fois cette expérience sur di-

(1) *Arcana Naturæ*, ep. 74, p. 333.
(2) *Epist. physiolog.*, ep. 26, p. 235.
(3) *Ibid.*, p. 236.
(4) *Ibid.*, p. 239.

verses farines, il rencontre les mêmes figures et les fait dessiner; ce sont toujours des gâteaux et rien de plus; et ces gâteaux, dit-il, s'affaissent par le retrait de la commissure de la cuticule, ce qui est toujours le résultat d'une hypothèse. C'est alors, dit-il, que se montre bien, dans le centre de chaque gâteau, une protubérance, indice d'après lui du canal par lequel le suc nourricier a filtré des uns aux autres. Or, ici ce canal imaginaire est encore un simple effet de réfraction. Ainsi l'eau chaude ne fait qu'aplatir, affaisser, élargir ces globules de farine d'après Leeuwenhoek; et c'est là ce qu'on se donne le plaisir d'appeler la découverte de l'organisation de la fécule, dont Leeuwenhoek n'avait pas même pu soupçonner l'existence et la nature.

4° Mais, disent les traducteurs, Leeuwenhoek a vu que ces globules abandonnent quelque chose à l'eau et à l'alcool.

Or, premièrement, si Leeuwenhoek avait vu quelque chose de semblable, il aurait mal vu; car la fécule n'abandonne rien à l'alcool. Mais cette version tient encore au point de vue qu'on a pris, pour interpréter la pensée de l'auteur; on s'est imaginé que Leeuwenhoek, au lieu de soumettre à ses observations un mélange de gomme, sucre, résine, huile, fécule et gluten, mélange que nous nommons farine, n'avait eu sous ses yeux que de la fécule pure, comme l'est la fécule de pomme de terre que Leeuwenhoek ne connaissait pas. Or, voici ce qu'affirme Leeuwenhoek : *Cum hisce occuparer, adverti aliquid materiæ* A FARINA *transisse in aquam.... pro aquâ adhibui spiritum vini, et... comperi aliquid materiæ à farina discessisse*[1]; il n'ajoute pas un mot de plus; et le traducteur, au lieu de traduire le mot *farina* par *farine*, le traduit par globule d'amidon. Mais Leeuwenhoek établit une espèce de différence entre la farine et les globules qu'il appelle *farinarii globuli*, *farinula* ; et ici il ne cherche nullement à déterminer l'origine de ce que l'eau et l'alcool

(1) *Epist. physiolog.*, ep. 26, p. 242.

ont pris à la farine. Or, dans une substance aussi compliquée, par quelle complaisance d'interprétation attribuerait-on aux globules, dont Leeuwenhoek ne s'occupe pas, une dissolution qui peut provenir du sucre, de l'huile, de la résine et même du gluten (288) de la farine, toutes substances également solubles dans l'eau et dans l'alcool.

5° Enfin on nous dit encore que Leeuwenhoek a réellement découvert que la substance soluble de la fécule en était la partie nutritive, puisque, dans le canal intestinal des animaux qui vivent de farine, il a trouvé des coques de ces globules. On est bien malheureux, quand, pour appuyer un triomphe d'amour-propre, on est forcé de tomber dans tant de contre-sens! Leeuwenhoek n'a rien dit, n'a rien vu d'analogue; il est facile de le démontrer par les passages.

« J'ai voulu, dit-il, rechercher par quel moyen les grains de farine (*farinulæ*) [1] se résolvent en alimens (*resolvantur*) dans le corps des animaux; à ce sujet j'ai soumis à mes investigations microscopiques les excrémens des animaux qui se nourrissent de farineux, par exemple ceux des colombes; et j'y ai trouvé une grande quantité de globules de farine (*magnam farinularum copiam*), en outre des paquets entiers et intègres de farine (*integros solidosque farinæ fasciculos*) et enfin beaucoup de MEMBRANULES VIDES DE LEURS GLOBULES de farine (*multæ membranulæ... farinulis suis vacuefactæ*). » Le traducteur a pris le *membranulæ* pour ce que j'ai nommé *tégumens de fécule*, et le *farinulis* pour ce que j'ai nommé *substance soluble* de la fécule. Cette traduction est large et un peu libre. Or, si l'on avait voulu lire plus attentivement, on aurait vu que, par *membranulæ*, l'auteur désignait des sacs glutineux remplis de grains de fécule, sacs qu'il a figurés d'après les pois et autres farineux, fig. 11 et suivantes, et que j'ai figurés à mon tour sur la pl. 2, fig. 19 (80). Mais il n'y trouve pas même un grain affaissé en gâteau.

(1) *Epist. physiolog.*, ep. 26, p. 247.

Je ne perdrai pas mon temps à faire ressortir la nullité des preuves, par lesquelles l'auteur admettait que les granules, qu'il observait dans les excrémens, étaient identiques avec ceux qu'il avait observés dans la farine; je ne hasarderai pas la supposition infiniment probable que les sacs, qu'il retrouvait dans les excrémens, pouvaient bien être des fragmens de la muqueuse des intestins (577) ou de tout autre organe; car la farine des céréales ne se désagrége pas, comme celle du pois, en sacs semblables. Il me suffit d'avoir prouvé que jamais il n'est venu dans l'esprit de Leeuwenhoek de rencontrer, dans les intestins, rien d'analogue à l'organe qu'il n'avait jamais soupçonné et que nous avons appelé *tégument* (26).

Leeuwenhoek était tellement éloigné de penser que chaque grain renfermât une substance soluble qui seule eût été nutritive, qu'il ne sait comment expliquer le passage de ces globules farineux dans le corps des animaux par la nutrition. *Nec satis capiebam quâ ratione tantum farinæ transire potuisset in corpus gallinarum, quæ omnino erant adultæ.*

6° Voilà donc à quoi se réduit cette citation annoncée avec une espèce de solennité à l'Institut, et reproduite sur parole par les feuilles périodiques. Leeuwenhoek a vu les globules de la farine, et non de la fécule; il les a vus comme il avait vu les globules du sang.

Il a présumé que chaque globule de farine était revêtu d'une écorce, comme le grain de froment, et que cette écorce était perforée par un canal; il a pensé que, dans l'eau chaude, chacun de ces globules ne faisait que s'affaisser en forme de gâteau.

Mais supposez maintenant, que je me fusse présenté au public avec de pareilles observations, et que, voulant en faire l'application à la chimie, j'eusse avancé, sans autre preuve, que ces globules de la farine étaient de l'amidon, comment m'aurait-on accueilli? On ne se serait pas fâché, mais on aurait ri; et en vérité cela n'eût pas mérité un ac-

cueil plus sévère. Et aujourd'hui que l'histoire de la fécule a été tracée de la manière la plus complète par mes recherches, aujourd'hui que la théorie de toutes les circonstances que cette substance présente dans ses nombreuses réactions a été réduite à un si petit nombre de formules, et qu'elle indique d'avance, à toutes les applications pratiques, le procédé le plus convenable, n'est-il pas pénible de voir des hommes placés en tête de la science se créer une consolation d'amour-propre, en torturant, par les plus fausses interprétations, un texte d'un auteur étranger, pour pouvoir lui imputer la découverte d'un compatriote ?

3°. Diastase de Payen et Persoz.

C'est le nom que ces deux chimistes viennent d'imposer à une substance qui, d'après eux, jouit principalement de la propriété de précipiter les tégumens de fécule (27). Ils l'obtiennent par le procédé suivant :

« On pile de l'orge germée, on la fait macérer une heure dans l'eau ; on passe la liqueur à travers un filtre de papier ; on la chauffe au bain-marie à 60°, pendant quelques minutes, jusqu'à ce que des flocons se soient déposés. On filtre de nouveau, et on verse, dans cette liqueur, de l'alcool qui en précipite la *diastase*. On la purifie en la redissolvant dans l'eau, pour l'en précipiter de nouveau par l'alcool.

« Cette matière est neutre aux papiers réactifs, et n'est pas précipitée par le sous-acétate de plomb ; elle s'altère quand on la chauffe au-delà de 60° ou qu'on la laisse séjourner dans l'eau ; c'est-à-dire qu'elle perd la propriété de précipiter les tégumens de la fécule. »

Afin de réduire cette substance à sa valeur réelle, je vais la soumettre successivement aux inductions de la théorie exposée dans cet ouvrage, et à la contre-épreuve de l'expérience.

Dans l'acte de la germination, les grains de fécule éclatent par couches successives, en commençant aux plus voisines

du cotylédon (51); en même temps il se forme de l'acide acétique[1]. Or, cet acide est un menstrue énergique du gluten (280), et il le rend soluble également dans l'eau et dans l'alcool.

Si maintenant vous laissez macérer une heure, dans l'eau pure, de la farine d'orge germée, l'eau se chargera de substance soluble de fécule, de gomme, de sucre et de ce gluten combiné à l'acide acétique. Mais en soumettant à la chaleur la solution, il y aura précipitation de flocons, à cause de l'élimination d'une partie de l'acide acétique ou de sa saturation avec quelques bases dégagées des tissus par la chaleur. L'alcool produira un nouveau dépôt floconneux, en précipitant la substance soluble de la fécule et la gomme, que renferme la solution, précipité qui entraînera nécessairement aussi une assez grande partie de gluten même soluble. Les lavages nouveaux et les nouveaux précipités ne feront que diminuer la quantité de ce mélange, sans en changer ou en éliminer tout-à-fait les élémens.

Toutes les fois en effet que vous étendrez d'eau le liquide, vous étendrez d'autant l'acide qui sert de menstrue au gluten, et vous précipiterez par conséquent une partie de ce gluten même; et ce résultat aura lieu indéfiniment, quoique dans des proportions de moins en moins appréciables, tant qu'il restera de l'acide dissolvant du gluten dans le liquide.

Qu'arrivera-t-il donc, lorsque vous verserez à une époque quelconque cette solution glutineuse (288) dans une solution de fécule? l'acide s'étendant d'eau abandonnera une partie de son gluten, qui, en se précipitant, enveloppera dans son tissu un nombre quelconque de tégumens, en augmentera par conséquent la densité, et les entraînera avec lui; ce sera une clarification à l'albumine végétale (476).

(1) Mém. sur les *tissus organiques*, § 55, tom. III des *Mém. de la Soc. d'hist. nat. de Paris*. 1827.

Voyons à présent si les prévisions de la théorie peuvent être confirmées par l'expérience.

J'ai laissé digérer un quart-d'heure de la farine ordinaire de blé dans l'acide acétique d'abord concentré, et ensuite étendu de cent fois son volume d'eau. J'ai filtré, et le liquide versé dans une solution de fécule l'a clarifiée en moins de dix minutes, en précipitant les tégumens.

Mais ne pensez pas que la solution acide du gluten soit la seule substance capable de précipiter les tégumens. Toute substance susceptible de se précipiter en s'étendant d'eau deviendra une *diastase*; ainsi une simple solution de farine ordinaire (138) produira le même effet qu'une solution d'orge germée.

Que dis-je? l'eau pure est elle-même une excellente *diastase*, ainsi que je l'ai vérifié avec le plus grand succès, et en voici la raison : l'eau que vous ajoutez diminue la densité de la solution gommeuse, et augmente en conséquence et par contre-coup la densité relative des tégumens suspendus dans la solution; ceux-ci doivent donc se précipiter plus vite.

Ce dernier moyen serait même le meilleur à employer pour clarifier la solution de fécule, vu que les autres ajouteront toujours, quoi qu'on fasse, des substances étrangères à la substance soluble de fécule; son seul inconvénient serait de prolonger davantage l'évaporation du liquide.

FIN.

TABLE ALPHABÉTHIQUE

DES MATIÈRES CONTENUES DANS CET OUVRAGE [1].

A

Abrus precatorius, page 310.
Acacia; gomme d', 281.
Achromatisme, 39*.
Acides artificiels, 500.—Espèces diverses : acétique, 294, 458; arsénique, réactif du sucre, 293; benzoïque, 414, 465; butyrique, 410, 415; caprique, caproïque, 410, 415; carbazotique, 501; carbonique, 460; ses effets comme asphyxiant, 259; caséique, 17, 133, 215, 250; cévadique, 412; cholestérique, 412; citrique, 464; codéique, 456; colopholique, 444; crotonique, 412; cyaneux, cyanique, 514; élaïodique, élaïo-ricinique, 411; formique, 459; gallique, 466; géique, 104; hircique, 410; humique, 108; hydrocyanique, 441, 514; indigotique, 500; lactique, 351; malique, 112, 463; margarique, margaritique, 410, 411, 415; nancéique, 351; nitro-leucique, 216; oléique, 408, 415; oxalique, 112, 145, 461; pectique, 144; phocénique, 409, 415; phosphorique, 226, 543; pinique, 444; prussique, 514; purpurique, 507; ricinique, 408, 418; rosacique, 507; sébacique, 414; silvique, 444; stéarique, 408, 415; stéaro-ricinique, 411; subérique; 100; succinique, 465; tartrique, 463; ulmique, 108; urique, 506, 527; végéto-sulfurique, 113; zumique, 351. — gras; leur cristallisation, 414; leur composition élémentaire, 415. — masqués par l'action des substances organiques, 26. — végétaux, 455, 470; leur composition élémentaire, 469.
Alantine, 72.
Albumen, 191.
Albumine,—animale, 191 à 204; antidote du cuivre, 198. — des légumineuses, 141; — réactif du sucre, 289.—soluble et insoluble, 83*, 341. — végétale, 129, 140.
Alcalis minéraux, leurs effets sur les substances organiques, 102, 145, 379.
Alcalis végétaux, 486 à 498.— considérés comme des sels basiques d'ammoniaque, 486.
Alcaloïdes, voy. Alcalis végétaux.
Alcool, 294, 483.

(1) Les chiffres marqués d'un astérisque indiquent les pages des *Notions préliminaires*.

Alcyonelle des étangs; analyse de ses tubes, 530.—céphalopode microscopique, 238.
Alizari, alizarine, 472.
Aloës, 450.
Altérations artificielles, 68*.
Alunage, 480.
Amer de Welter, 501.
Amidine, 34.
Amidon, voy. fécule amylacée; la définition du mot, 1.—sucre d', 308.
Amidonnier (art de l'), 46, 68.
Ammoniaque; formation spontanée dans une solution d'amidon, 15; dans la gomme, 283.—négligée dans les analyses élémentaires, 195, 480, 488. Base des tissus dits *animaux*, 136.
Amnios, 261.
Analyse, par les procédés en grand, 64*. —par la voie humide et ignée, *ibid.* — par la voie sèche, 68*.—élémentaire, 69*.
Anatomie, 28*.
Anchusa tinctoria, 473.
Anthères; leur analogie, 181, 547.—monstruosités des, 161.
Aponévrose, 236.
Aposépédine, 350.
Apothème brun, 104.
Appareils pour les manipulations microscopiques, 46*.
Arago, opinion aventurée de ce savant sur l'influence de la qualité des microscopes, 45*.
Arbre à vache, 339, 452.—à suif, 419.
Arrow-root, 49.
Artères; torsion des, 384.
Asphyxie, 259.
Aspiration et *expiration*, 80*.—inhérente à chaque molécule isolée de certains tissus respiratoires, 249. —cause des mouvemens des infusoires, 255.—des parois végétales, 326.—des tissus, 516. —reproduite par l'action de l'acide sulfurique sur l'huile, 291.
Assa-fœtida, 448.
Astragalus tragacantha, 286.
Aura seminalis des végétaux 172.—des animaux, 390.
Avoine; analyse des poils de l'ovaire de l', 81.
Azote, rôle qu'il joue dans la composition des substances azotées, 133, 195, 488.

B

Bases terreuses des tissus, 516.—combinées avec la molécule organique, 92, 528. — incrustées sur les surfaces, 516.
Bases végétales, voy. Alcalis végétaux.
Bassorine, 285.
Baumes, 445, 447.
Beccari, découverte de, 119.
Bélemnites; leurs parasites silicifiés, 527.
Benjoin, 447.
Berzélius, classification chimique de, 86*.
Beurre, 343 à 348.
Bière, 183, 299.
Bile, 450.
Blanc d'œuf, voy. Albumine.
Bleu de prusse, 379.
Bois; distinct du ligneux, 97.—de Brésil, de Campêche, de Santal, 474; jaune, 478. — Pourquoi se fend-il en long? 115.
Bonne vierge qui file, 277.
Botanique, 28*.
Bougies, 427, 433.
Bourgeons adventifs, 90.
Branchies, 250.—utérines, 266. — intestinales, 355.
Buccins aquatiques, 250.
Butyrine, 405.

C

Cactus peruvianus, 524.
Cæsalpina, 474.

Calculs biliaires, urinaires, 526
Calice des fleurs; théorie de sa formation, 547.
Caillot, 361.
Callus nerveux, 242.
Caméléon végétal, 434, 472.
Camphre, 441.
Canal intestinal, son origine, son caractère essentiel et ses analogies, 246, 268, 356, 548.
Canaux; moyen de les reconnaître au microscope, 81, 519.
Caoutchouc, 125, 340.
Caractères spécifiques résultant de mélanges, 280, 301, 416, 436, 444.
Caramel, 288.
Carbonates; moyen de les reconnaître au microscope, 535.
Carbonisation, 94, 115, 541.
Carmine, 503.
Carnauba, 432.
Carthame, 473.
Cartilages, 236.
Cassonade, 302.
Castaing (procès de); exemple des incertitudes cruelles de la médecine légale, 497.
Cellules organisées, espèces de laboratoire, 516. — végétales; leur analogie avec un tube de *Chara*, 332; jouissent-elles de parois qui leur soient propres? 78.—animales, analogues aux végétales, 190.
Cellulaire (tissu) des végétaux, 83; des animaux, 244.
Cénure (hydatide), 276.
Céphalopodes microscopiques, 239.
Cercaires, analogues aux animalcules spermatiques, 388.
Céréales; analyse de la graine des, 156.
Cérébrale (masse), 225.
Cevadina, 147.
Céraïne, 429.
Cérasine, 285.
Cérine, 429.
Céroxylon andicola, 452.
Cétine, 404.
Chaleur, influence de la... sur les matières organiques, 92*.
Chanvre, 80; succédané du houblon, 183.
Chara, circulation et analyse des, 317. — analogie du sang avec le suc des, 374.
Charbon animal, 206.
Charpie, 117.
Chaux, 528.
Cheveux, 239.
Chimie, animale et végétale, 84*.—organique, 29*.
Chlorophylle, 433.
Cholestérine, 404, 407.
Chorion; ses fibrilles, 208; sa structure, 261.
Chyle, chyme, 356.
Cicatricule, ou hile des œufs, 261.
Cidre, 300.
Cierge du Pérou, 524.
Cils vibratiles des microscopiques, 247.
Cinchonine, 493.
Circulation, des microscopiques, 255.—Indices de la... 384. — cellulaire des végétaux ou du suc des *Chara*, 317. — vasculaire des végétaux, 332. — du sang, 363.
Cire, 428 à 431.
Cire verte, 433.
Classification, diffère du système, 84*.
Coagulation; de l'albumine, 197; du lait, 341; du sang, 372.
Cochenille du *Cactus*, 503.
Collage à la cuve, 69.
Colle forte ou de poisson, 512.
Colophane, 445.
Coloration, 6.
Combustion des chandelles; phénomènes chimiques et cryptogamiques de la, 427.
Concrétions albumineuses, œufs d'hydatides, 272.
Conifères; pollen des, 169.
Contraction musculaire, 212.
Copale, 447.
Coquilles, 236.

Cornes, 239.
Corolle des fleurs ; théorie de la, 547.
Coton, fils de, 80, 528 ; impropre à la charpie, 117.
Crachats, agens de fermentation, 356.
Cristallisation ; influence des substances organiques sur la... 525.—Leur étude, 517.—à pyramides creuses, 536.
Cristaux pris pour du pollen, 526.
Croton tinctorium, 477.
Crucifères; théorie de la fleur des, 548.
Cruor, 360.
Cryptogamie, 427.
Cucurbita leucantha; pollen du, 160.
Curcuma, 478.
Cuvier, masse cérébrale de, 225.
Cyanogène, 514.
Cystique (oxide), 527.

D

Dalhine, 72.
Dammara, 447.
Datiscine, 72.
Décoction, 65*.
Décomposition des sels; par l'incinération, 541; par l'organisation, 544.
Décrèmage, 479.
Délécampe, 72.
Deleuil, fabricant des instrumens mentionnés dans cet ouvrage, 40*.
Dents, 235.
Derme, 244.
Désorganisation des tissus, 481, 504.
Despretz, classification chimique de, 85*.
Désuintage, 479.
Développement vésiculaire, 84, 223, 267, 541.
Déviations des anthères en pétales, 161, 546.
Dextrine, 553.
Diabétès sucré, 307.
Diaphragmes pour le microscope, 48*.
Diastase, 562.
Digestion et macération, 65*.
Digestion ; produits de la, 355.
Diploë des os, 234.
Dissection; instrumens de... microscopique, 49*.
Dissolution, 65*.—des substances colorantes, simple suspension, 31.
Distillation humide de, 65*, 66*. — sèche, 68*.
Dragantine, 285.

E

Ebullition, procédé microscopique, 9.
Eclairage, 422.
Ecorce, 91, 98.
Effervescence, ses caractères microscopiques, 529.
Eléoptène, 436.
Emétine, 494.
Embryon animal et végétal, 260, 267.
Empois, théorie de l', 21.
Empoisonnemens, par le cuivre, 198. — en médecine légale et par les alcaloïdes, 497.
Encens antique, 449.
Encéphale, voy. Masse cérébrale.
Encre d'imprimerie, 423.
Endosmose et exosmose, 80*.
Epiderme végétal, 116; animal, 244.
Ergots originaires des nerfs, 242.
Espèce chimique, valeur de ce mot dans ce système, 90*.
Esprits pyroacétique et pyroxylique, 483.
Ethal, 404, 407.
Ethers, 486.
Euphorbe, 449.
Evaporation des liquides au microscope (appareil contre l'), 50*.—spontanée, 65*.

Evolution de l'embryon, 267.
Excrémens, 245.

F

Familles naturelles, 86*.
Farines, moyen de reconnaître leurs mélanges, 66.—Analyse anatomique des, 148.
Fécule amylacée (voy. *Amidine*, *Amidon* et *Ligneux amylacé*). — Action sur la... de l'acide nitrique, 25; sulfurique, 9, 113, 280, 308; de l'eau, des acides, des alcalis sur les tégumens éclatés, 17; de l'ébullition dans l'eau, 8, dans le lait, 64; du froid, 22; de la germination, 41; de l'iode, 27; de la potasse, 23; du temps, 12, 14.— Caractères physiques de la... 2.— Collage du papier à la cuve par la... 69.— Combinaison prétendue du ligneux et de la... 111.— Composition chimique des grains de... 11.— Composition élémentaire de la... 2.—Décomposition spontanée de la... 32.—Disposition des grains de... dans les cellules, 37.— *Hile* et structure intime des grains de la... 6, 39. — Espèces diverses, 41... de Arrow-root, 49; Avoine, 45; Charaigne, 43, 44; Châtaigne, 53; Fève, 47; Froment, 46; Haricot, 45; Igname, 45; Iris de Florence, 48; Lentille, 45; Lichen, 57; Lupin, 45; Lys des Incas, 45; Maïs, 53; Marron d'inde, 52; Orchis, 54; Orge, 53; pois vert, 48; de pollen, 172; Pomme de terre, 42; Sagou, 44; Salep, 54; Sarrazin, 55; Seigle, 47; Tapioka, 53; Topinamboux? 49; Tulipe, 48; Vesce, 51.— Propriétés médicales de la... 67. — Mélanges de... qui rentrent dans la farine, 66. — Polarisation circulaire employée par Biot, pour distinguer la substance soluble féculente de la gomme arabique; valeur de ce caractère, 551.—Réfrangibilité des grains de... 4.— Réfutation de la théorie classique, 20.—Rôle de la... dans la nutrition et la panification, 65. — Signification du mot... 1. — Substance soluble de la... 11. — Sulfate prétendu de... 26.— Tableau comparatif des dimensions des grains de... 56. — Tégumens des grains de... 11.— Transformation de la... en acide caséique ammoniacal 16; en gomme, 280; en sucre, 24, 308; en ulmine, 19. — Usages de la... comme empois, 65; comme parement, 72.
Fécule verte, 77, 433.
Fécondation; animale, 390.—végétale; analyse des produits qui précèdent et qui suivent la... 156. —Influence de la... sur la fécule, 3. — des bourgeons, 181.—de tous les organes, 546.
Fer, base terreuse du tube de l'alcyonelle, 530.
Fermentation, acétique, alcoolique 294; acide et ammoniacale, 132; panaire, 296; putride, 481.—Effets de la... sur la fécule, 13.
Feuille; son développement vésiculaire, 85.— ses analogies, 182, 547.
Fibres contractiles, 209.
Fibrilles du chorion, 263.
Fibrine, analyse élémentaire, 204. — son identité avec l'albumine, 202.
Filasse des rhizomes de *Typha*, 38.
Fluate de chaux? 526.
Folie, 230.
Fœtus, boîte cranienne du, 232.
Fongosités; analogie des champignons, qui se forment sur la mèche incandescente, avec les... 427.

Force vitale, 79*.
Formes (étude des) au microscope, 57*.
Faurier; masse cérébrale de, 325.
Froid, influence sur les matières organiques, 61*.
Fromage, 348.
Fruit, théorie du, 547.
Fucus, origine de leur coloration en violet, 58.
Fusibilité des corps gras; valeur de ce caractère, 399.

G

Galbanum, 449.
Gale, insecte de la... 509; diverses espèces de, 511.
Garance, 472.
Gastéropodes, 213.
Gaude, 478.
Gayac, 447.
Géine, 102.
Gélatine, composition élémentaire, 135; préparation, 512.
Générations spontanées, 92*.
Genre chimique, valeur de ce mot dans ce système, 90*.
Germination, influence de la... sur la fécule, 3.—Phénomènes chimique de la... 296.
Glandes animales, leur variabilité, 278; végétales et vésiculaires de Guettard, 181.
Gliadine, 140.
Globules élémentaires, se formant sur les membranes sous l'influence de la chaleur, 18; des acides, 20. — faussement considérés comme formant des séries sous forme de fibrilles, 207. — du lait, 344; de l'œil, 371; du sang, 366, 385.
Gluten; 119. — analogue au caoutchouc, 128.—Ses réactions, 136.—Sa décomposition spontanée, 131.—Différence des... 123. — Ses deux formes illusoires, 139. — ... des légumineuses ou légumine, 141. — Malaxation du... sous le rapport théorique. 123.—Organisation du... 119. — Position du... dans la graine des céréales, 121.—dans le pollen, 161.—Propriété nutritive du... 559.—Réaction du... avec l'alcool, 294. — Rôle de l'azote dans la composition élémentaire du... 126. — ... soluble dans l'alcool, 140.—Transformation apparente du... sous l'influence de la potasse, 144.
Glycérine, 308, 312, 403.
Glycyrrhiza glabra, 310.
Gomme, 279. — Mélanges de... 280, 285. — combinaison probable de sucre et de sels terreux, 532. — Espèces de... : adraganthe, 285; d'amidon et de ligneux, 118, 280; arabique et du Sénégal, 281; du pays, 284. — Maladie des arbres, 284. — Organisation de la... 280, 531.—Usages de la... 287.
Gommes-résines, 448.
Goniomètre microscopique, 52*.
Graines et œufs, 94*.
Granules-adipeux; caractères physiques des... 184.—Organisation des... 188.
Granules éjaculés dans l'explosion des grains du pollen, 173.
Grain de raisin; pourquoi la fermentation ne s'établit pas dans le... 297.
Graisses; action, sur les... des acides, 394, 412; des bases, 396; de la chaleur, 398; de la distillation, 413; des gaz, 393; de tous les autres corps, 397. — Combustion et éclairage des... 422, 427.— Composition élémentaire, 392. — Extraction des, 421. — Diverses espèces, 416.—Produits neutres, 399: acides, 413, 407; de l'altération des ..—Saponification des... 407.—Solubilité dans l'eau, 402. — Valeur du caractère tiré de la fusibilité des... 399.

Graisses végétales, 419.
Gyrogonite, 3.

H

Hœmatoxylon, 474.
Hélénine, 72.
Helix hortensis ; cristaux de ses œufs, 526.
Helix pomatia. 250.
Helminthes, 272.
Hémorrhagies, 384.
Henschel, opinion bizarre de... sur le mécanisme de la fécondation, 173.
Hile, des cellules osseuses, 233 ; de toutes les cellules et des organes, 268 ; du granule adipeux, 190 ; des grains de fécule, 40 ; de la lupuline, 175 ; du pollen, 163 ; des œufs animaux, 261.
Hircine, 406.
Hordéine ou son très divisé, 146.
Houblon, 183.
Humus, 102, 116.
Huiles essentielles (voy. Huiles volatiles).
Huiles grasses (voy. Graisses). antique, 422. — comestibles sophistiquées, 422.— Espèces diverses, 416.—Principe doux des...308.—Purification des... 421. — Réactif des... 289. — Transformation des... en substances organisées, 393, 532. — vierges, 421.
Huiles volatiles ; étymologie, 435. — Composition élémentaire des... 438.—Espèces diverses, 439. — Extraction, 442. — Solubilité dans l'eau, 438. — Transformation des... 439.
Hydatide ; nouveau genre d', 272.
Hydres d'eau douce, 250.
Hydrochlorates étudiés au microscope, 535.

I

Illusions optiques au microscope.
Imbibition et exsudation, 80*.
Incinération, 74*, 523, 541.
Incision annulaire, 340.
Incrustations des sels sur la surface des membranes, 522, 516.
Indigo, 475.
Infusoires ou animaux microscopiques, 213, 222, 247, 255.
Intestins : villosités des, 246 ; voy. *Canal intestinal*.
Inuline, 73.
Inulure prétendu d'amidon, 75.
Iode, théorie de sa réaction sur l'amidon, 29.—agit sur le pollen, et la résine de gayac comme sur l'amidon, 178, 447. —son rôle dans les *fucus*, 58.
Iodures d'amidon, en quoi ils consistent, 27.
Iris de Florence ; sa fécule, 48 ; les cristaux de ses tubercules, 522.

K

Kolpodes, 248.
Kyste du poignet, 272.

L

Lac-Dye, *lac-lake*, 503.
Laine, 259.—Suint de la... 427.
Lait, 341. — Falsifications du... 347.—Influence des pâturages sur le... 349. — Matière caséeuse, *ibid.*—Oxide caséeux, *ibid.* — Sucre de... *ibid.* — Théorie des phénomènes qu'offre le... 343.
Laiteries, 347.
Laiteux (liquide) ; indique une suspension de substances insolubles et incolores ou blanches, 194.
Leeuwenhoeck ; rêves de... 539. — Son opinion sur les grains de farine, 557.
Légumine, 141.
Lentilles, art d'en improviser ou d'en fabriquer soi-même, 42*.

Leucine, 216.
Levure de bière, 296.
Liége, 99, 101.
Lichen, fécule et analyse du... 57. — Organes sexuels du... 59. — Matière colorante du... 475, 477.
Ligamens, 236.
Ligneux amylacé, 55.
Ligneux, 79. — Action sur le... des acides nitrique, 112; sulfurique, 110; des alcalis, 102; du chlore, 111; du temps, 93. — Combinaison prétendue de l'amidon avec le... 111. — Composition élémentaire du... 95. — Conductibilité du... pour l'électricité, 115. — Mélanges de substances solubles avec le... 94. — Organisation du... 79. — transformé en gomme et en sucre, 112, 308.
Lactates, simples acétates albumineux, 355.
Lin, 80.
Loupe montée, 39*.
Lupuline, 174. — Analogie de ses fonctions physiologiques avec celles du pollen des anthères, 180. — Analyse microscopique de la... — Organisation de la... 175. — Explosion de la... dans l'eau, 178.
Lupulite, voy. *Lupuline*.
Lycoperdon; poudre du... succédané du Lycopode, 169.
Lycopode, analyse du... *ibid.*
Lymphe, 385.

M

Macération, 65*.
Macis de la noix muscade, 286, 419.
Malaxation; théorie de la... 125.
Malvacées, 160.
Mannite, 308.
Masse cérébrale; son organisation vésiculaire, 222. — Son analyse chimique, 225.
Mastic, 447.
Matières colorantes végétales (voy. *Caméléon*), 93*, 434, 471, 478. — animales, 502.
Matières organiques; exposé des propriétés générales des, 91*. —se transformant par l'action de la potasse en acide oxalique. — 145.
Meconium, 246.
Médecine légale; 381, 497.
Méduline, 97.
Mélanges simulant des acides, 456. — des espèces différentes, 280, 301, 416, 436, 444.
Mélasse, 302.
Membranes animales; consistance, réfrangibilité et structure intime des, 205. — muqueuses et séreuses, 243.
Mémoire, 230.
Menstrues, 65*.
Méthode nouvelle, sa formule, 31*.
Miasmes; théorie des, 482.
Micromètres, 51*.
Microscope, achromatique, 41*, 54*. — composé, 41*. — horizontal, 42*, 45*. — simple, 40*. — Causes qui ont rendu si long-temps stérile l'emploi du... 55*. — Construction du... 39*. — Influence de l'emploi du microscope sur la santé, 63*; sur le mérite des observations, 43*. — Jeu des ombres servant à déterminer les formes au... 60*. — Manipulation au... 63*. — Méthode d'observation au... 57*. — Moyen de déterminer la couleur des corps au... 60*; les rapports de densité des corps au... 62*. — Théorie du... 33*.
Miel, 306.
Miroirs réflecteurs, 48*.
Moelle des Végétaux, 97.
Molécules organiques; leurs mouvemens illusoires, 173. — Leurs mouvemens réels, 249.
Monade, 193.
Mordans, 480.

Morphine, 491.
Morus tinctoria, 478.
Moscouade, 302.
Motilité animale et végétale, 549.
Moules de rivière, 249, 265.
Mouvemens des corps microscopiques, 62*.
Mucilage végétal, 285.
Mucus animal, 504.
Muqueuses (surfaces), 245.
Muscles, 210.
Myricine, 429.
Myrrhe, 449.

N

Nacre, 517.
Narcotine, 492.
Néologismes, 8*, 80*.
Nerfs, 217.
Nérites vivipares, 250.
Nomenclature, 84*.
Nutrition, 358, 359.

O

Objectif, 41*.
Oculaire, *ibid.*
Oculines, 519.
Odeurs, 480, 504.
OEufs et graines, 95*.
Oléine, 399, 407.
Oliban, 449.
Ongles, 239.
Opinions religieuses, 550.
Opoponax, 449.
Orcanette, 573.
Organes polliniques, 159.
Organisation; effets optiques de l'... 194. — Influence de l'... sur la cristallisation, 525.
Orseille, 475.
Os, 231.
Osmazome, 512.
Ovule; histoire de l'... 261, 262.
Ovuligère, nouveau genre d'hydatide, 276.
Ouvrages (liste des) sur lesquels est fondé le présent système, 11*.
Oxalate de chaux cristallisé.

P

Pancréas, 453.
Papin; machine ou digesteur de, 513.
Parement pour les tisserands, 72.
Peinture à l'huile, 423.
Pensée; combinaison chimique de la... 228.
Périoste, 232, 233.
Pétrifications, 527.
Phosphate de chaux cristallisé, 520.
Phosphore; à quel état se trouve-t-il dans les tissus? 226.
Phocénine, 405.
Phrénologie, 223,
Physiologie générale et comparée, 28*.
Picromel, 452.
Pigmentum, 503.
Pinceaux pour nettoyer les verres au microscope, 54*.
Piney; suif de, 419.
Pipettes pour les réactifs microscopiques, 50*.
Placentas animaux, 265.
Plâtrage des légumineuses, 117.
Plongeur microscopique, 54*.
Plumes, 239.
Poils animaux, 239; végétaux, 81.
Poiré, 300.
Polarisation circulaire employée pour distinguer les espèces en chimie, 551.
Pollen des anthères, 159; de cèdre, 169; des *Convolvulus*, 162; du *Cucurbita leucantha*, 166; de l'*Hibiscus*, 161; du lycopode, 169; du *Nyctago*, 162; du pin, 162; de la tulipe, 164; des *Zamia* et *Cycas*, 168. — des organes foliacés ou lupuline, 174. — Prétendus animalcules spermatiques du... 172. — Ejaculation du... 164. — Examen critique de son analyse en grand, 171. — pris pour une pluie de soufre, 169.
Pollénine, 169.

Polypes, vrais céphalopodes microscopiques, 238.
Polypiers, ibid.
Pores corticaux analogues aux grains de pollen, 182.
Pores de la sueur, 269.
Porte-objet, 40*, 47*.
Potasse; action de la... 145. — Sels de la... 535, 537, 542, 543.
Poumon, ses analogies, 257.
Préle fluviatile; son action sur le lait, 349.
Prismes à quatre pans et prismes à six pans; moyen de les reconnaître au microscope, 518, 523.
Protée; ses branchies, 257.
Prunine, 285.
Pus; globules du... 507.
Pyramides creuses ou en relief des cristaux, vues au microscope, 536.

Q

Quartz hyperoxide, 519.
Quercitron, 477.
Quercus tinctoria, ibid.
Quillaïa smegmadermos, 539.
Quinine, 493.

R

Racines; empâtemens et fonctions des... 335, 336.
Raffinage, 303.
Rameaux des plantes, ou troncs empâtés sur des troncs, 335.
Raphides ou cristaux de phosphate de chaux pris pour des organes, 521.
Rayons médullaires, 91.
Réactifs; paralysés par la présence des substances organisatrices, 278.—Leur incertitude en médecine légale, 499.
Réduction d'un suc, 65*.
Réflection, 33*.
Réfraction, 33*.—moyen d'anatomie, 82.
Réglisse; sucre de... 309.
Règne animal et végétal, 26*.— intermédiaire ou plutôt imaginaire entre le règne animal et le règne végétal, 276. — organique, 25*.
Remou, produit par les organes respiratoires des microscopiques, 251.
Repassage du linge, 65.
Réséda, 478.
Résines, 443.
Respiration animale et végétale, 93*. — Phénomènes chimiques, 257.
Respiratoires (tissus), 246. — Fonctions des surfaces, 548.
Résumé physiologique de l'ouvrage, 545.
Résurrection des animaux inférieurs, 92*.
Rotifère, 91*, 213, 248, 255.
Rouissage, 118, 481.
Rhizomes, 37.
Rhum, 302.

S

Sabots, 239.
Sagou, 44.
Salep exotique et indigène, 54, 68.
Salicine, 494.
Salive, 454.
Sandaraque, 447.
Sang-dragon, 447.
Sang; analogie du... avec le suc de *Chara,* 374. — Caractères physiques et chimiques du... 361. — Circulation du... 362. — Coagulation du... 372, 381. — Globules du... 366. — Matière colorante du... 375. — Odeur du sang invoquée en médecine légale, 382. — Taches de... en médecine légale, 381.—Usage du... 379.
Saponification; théorie de la... 426.
Savons, 396, 424.
Savonule de térébenthine, 71.

Scalpel microscopique, 49*.
Scammonée, 450.
Sèche, 239.
Sécrétions, 504, 505.
Sels; étude microscopique des... 534.
Sensibilité animale et végétale... 549.
Sepia, 239.
Sérum de lait, 342.
Sève; cellulaire, 317.—montante et descendante, 335. — vasculaire, 332.—Diverses espèces de... descendante, 339.
Silex pyromaque, 528.
Silice cristallisée dans les tissus, 517. — grains de sable adhérens aux tissus, 531.
Sirops couverts, verts, etc., 317.
Sperme, 386.
Sphincter du pollen, 168.
Spirozoïtes, parasites des Bélemnites, 527.
Spongille, 517.
Stéarine, 399, 407.
Stéréoptène, 436.
Strychnine, 492.
Stuc, 517.
Sociabilité, 229.
Soie, 502.
Solubilité; valeur de ce caractère 140, 141, 201, 402, 438.
Son très divisé, pris pour une substance immédiate des farines, 154.
Sophistications des farines, 67. — du lait, 347.
Soude et ses sels, 535, 542.
Subérine, 98.
Substances animales, 134; azotées, 134.—nutritives, 358.—organisantes, 89*, 391; organisatrices, 88*, 279, 341; organisées, 88*, 183; organiques, 89*, 455, 502. — végèto-animales, 134. — soluble de la fécule, 11. — verte des végétaux, 433.
Suc de canne s'organisant pendant la traversée, 289.
Sucs particuliers ou sucs propres, 338.
Sucre, 287; caractères chimiques du... 288. — analyse élémentaire des diverses espèces de... 311.—diverses espèces et mélanges, 300, 311. — d'amidon et le ligneux, 34, 308, 312; de betterave, 304; candi, 305; de canne, 302, 311; de champignons, 307; de châtaignes, *ibid.* de diabètés, *ibid.* d'érable, 303; de lait, 309, 312; de manne, *ibid.*; de miel, *ibid.*; de raisin, 306, 311.—Extraction du... 300. — Fabrication du... 316. — fermentescible, 293, 302. — non fermentescible, 308. — Propriétés nutritives du... 360.—Réactif du... 289.—s'organisant avec les sels terreux, 289, 531. — Usages du... 313.
Sueur, 269, 505.
Suint de la laine, 427.
Suppurations, 507.
Suspension des molécules prise pour une dissolution, 105, 477.
Symétrie des organes, 546.
Symphoricarpos leïocarpa, 76.
Symphorine; son inuline, *ibid.*
Synanthérées, 548.
Système diffère de la classification, 83*. — Exposition du nouveau... 88*.—Tableau synoptique du nouveau... 97*.

T

Table de l'os, 231.
Table de matières par ordre de chapitres, 15*.—à dissection, 58*.
Tableau synoptique du nouveau système, 97*.
Taches de sang en médecine légale, 381.
Tan, tannage, tannin, 467, 469.
Tartrate de potasse étudié au microscope, 537.— pris pour la cause de l'acidité du vinaigre, 539.

Tégumens; de la fécule, 11; souvent invisibles à cause de leur grande transparence, 18. — du grain de pollen, 165, 179. — du granule adipeux, 189.
Teinture, 479.
Temps, valeur de ce mot en chimie, 12.
Tendons, 236.
Terrage, 303.
Terreau, 103, 110, 481.
Test, des granules; voy. *Tégumens*.
Theca des anthères; leur organisation interne, 161.
Thénard (classification chimique de), 85*.
Théorie atomistique inapplicable aux corps organiques, 76. — chimique de l'organisation, 77*. — Qu'est-ce que la..? 76*.
Tissus organisés; moyen de les reconnaître au microscope, 83, 420, 192. — animaux : adipeux, 183, 190; cellulaires, 244, 278; cornés, 239, 242; dermoïdes, 244; embryonnaires, 249; épidermoïdes, 244; musculaires, 210; nerveux, 217, 228; osseux, 231, 235; parasites, 272; respiratoires, 246, 256; spontanés, 276. — végétaux; leur consistance progressive et leur développement, 83, 91.
Tolu, 447.
Tournesol, 477.
Trachées végétales, 79. — des insectes, 81.
Triage des sels par les tissus, 516.
Tronc des végétaux, son développement vésiculaire, 89.
Truie, chorion de la... 265.
Type général des êtres organisés, 546.
Typha, fécule de... 37.
Typhine, 39.

U

Ulmine, 102.
Ulve, incrustée de silice, 520.
Urate d'ammoniaque, 527.
Urée, sa présence dans le sang, 380, 506.
Urine, 505.
Utérus, membrane caduque de l'... 270.

V

Vaisseaux des plantes... 83.
Vaude ou *vouède*, 478.
Vératrine, 493.
Vergeoises, 317.
Vertu, besoin de l'organisation, 230, 549.
Vésicule organique, 545.
Vesse de loup, voy. *Lycoperdon*.
Vibrio, 93*; *paxillifer*, 520.
Vice, anomalie, 230, 549.
Vin et *Vinaigre*, 297, 539.
Vitalité, loi de la... 79*. — synonyme de la fécondation, 546.
Vitellus, 261.
Voie ignée et humide dans les analyses, 62*.
Volonté, produit d'une combinaison chimique, 229.
Vorticelles, 251.

Y

Ya-rieou ou arbre à suif, 419.

Z

Zimôme, 140.

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES.